

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Tesis

Efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023

Asesor:

Mg. Carrasco Ustua, Haydee

Autor:

Azurín Lantarón, Luis Manuel

Para optar el Título Profesional: Ingeniero Agrónomo

Abancay - Apurímac – Perú

2024

Acta de sustentación



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N° 006-2024-UTEA-FI-DEPA.

Reunidos el Jurado Examinador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| ➤ Ing. Rosa E. MARRUFO MONTOYA | PRESIDENTE DE JURADO |
| ➤ Ing. Jorge L. VILCHEZ CASAS | DICTAMINANTE |
| ➤ M.S.c. Sandra C. CABALLERO RAMIREZ | REPLICANTE |

El aspirante al **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO**

Bachiller: AZURIN LANTARÓN, LUIS MANUEL.

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, respecto al Examen de Sustentación, para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo.

SUSTENTACIÓN DE TESIS denominado: **"Efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas del suelo y el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay, 2023".**


Habiendo aprobado con la nota de **Catorce (14)**.

Se extiende, conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en el tomo III de los folios N° 194 y 195.

Abancay, 16 de octubre del 2024.


Ing. Rosa E. MARRUFO MONTOYA
PRESIDENTE DEL JURADO


Ing. Jorge L. VILCHEZ CASAS
DICTAMINANTE


M.S.c. Sandra C. CABALLERO RAMIREZ
REPLICANTE

C.c.
Archivo

Reporte de similitud

luis manuel azurin lantEfecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maiz morado (Zea mays L.) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023aron - agrono

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%

Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y nombres	: Azurin Lantaron Luis Manuel
Tipo de documento de identidad	: DNI
Número de documento de identidad	: 46338066
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0009-2276-0389
Datos del Asesor	
Apellidos y nombres	: Carrasco Ustua Haydee
Tipo de documento de identidad	: DNI
Número de documento de identidad	: 42381893
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-7031-5882
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Agronomía
Línea de investigación	: Agricultura y Ambiente
Rango de años en la que se realizó la investigación	: 2023 - 2024
Fuente de financiamiento	: Propio
Porcentaje de similitud	: 20%
URL de OCDE	: http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06

Dedicatoria

Quiero agradecer al Ser Supremo por concederme la vida, las oportunidades, el conocimiento y las innumerables bendiciones que permitieron culminar con mi tesis.

Dedico con todo cariño este trabajo, en primer lugar, a mi madre y hermanos, a mi docente tutor por ser guía y responder a mis interrogantes oportunamente.

Luis Manuel

Agradecimiento

A las autoridades, docentes y administrativos de la Universidad Tecnológica de los Andes, les expreso mi profundo agradecimiento y gratitud por haberme brindado la invaluable oportunidad de cursar mis estudios y formarme como Ingeniero Agrónomo en esta prestigiosa institución. Durante mi tiempo en la universidad, he sido testigo de un compromiso excepcional por parte de los profesores, personal administrativo y compañeros de estudios, quienes han contribuido de manera significativa a mi desarrollo académico y personal. La calidad de la educación recibida ha sido fundamental para mi crecimiento profesional, proporcionándome los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para destacar en mi campo. Nuevamente, gracias por brindarme la oportunidad de ser parte de esta comunidad educativa excepcional. Siempre llevaré con orgullo el título de Ingeniero Agrónomo de la UTEA

Luis Manuel

Resumen

Esta investigación evaluó el efecto de abonos orgánicos en las propiedades del suelo y el rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.) en Quitasol, Abancay. Se aplicaron tres tratamientos: Mallki, Gallinaza y Guano de isla, en 160 plantas. El suelo, inicialmente franco arenoso, se transformó en franco después de los tratamientos. El pH del suelo antes del cultivo fue ligeramente alcalino (8.07), disminuyendo tras los tratamientos. El Guano de isla mostró la mayor conductividad eléctrica (0.9033 dS/m) y los valores más altos de CaCO_3 (13.360%), mejorando la estructura del suelo. La materia orgánica no presentó diferencias significativas (3.22%). El fósforo aumentó con Gallinaza (4.523 ppm) y Guano de isla (4.173 ppm), mientras que el potasio fue mayor en Guano de isla (255.9 ppm). El suelo antes del cultivo tenía los mayores niveles de calcio (11.720 meq/100g) y magnesio (1.830 meq/100g). Gallinaza presentó el mayor contenido de sodio (0.15667 meq/100g). El rendimiento en peso de mazorca fue más alto con Guano de isla (180.2 g), pero no hubo diferencias significativas en el rendimiento total (3.245 Tn/ha). Se concluye que los abonos orgánicos, especialmente el Guano de isla, mejoran el rendimiento y la calidad del maíz morado.

Palabras clave: Abono orgánico, rendimiento, propiedades físicas, propiedades químicas, maíz morado.

Abstract

This research evaluated the effect of organic fertilizers on soil properties and yield of purple corn (*Zea mays* L.) in Quitasol, Abancay. Three treatments were applied: Mallki, Gallinaza and Guano de isla, in 160 plants. The soil, initially sandy loam, was transformed into loam after the treatments. The soil pH before cultivation was slightly alkaline (8.07), decreasing after the treatments. Guano de isla showed the highest electrical conductivity (0.9033 dS/m) and the highest CaCO₃ values (13.360%), improving soil structure. Organic matter did not present significant differences (3.22%). Phosphorus increased with Gallinaza (4.523 ppm) and Guano de isla (4.173 ppm), while potassium was higher in Guano de isla (255.9 ppm). The soil before cultivation had the highest levels of calcium (11,720 meq/100 g) and magnesium (1,830 meq/100 g). Chicken manure had the highest sodium content (0.15667 meq/100 g). The cob weight yield was higher with Guano de isla (180.2 g), but there were no significant differences in the total yield (3,245 Tn/ha). It is concluded that organic fertilizers, especially Guano de isla, improve the yield and quality of purple corn.

Keywords: Organic fertilizer, performance, physical properties, chemical properties, purple corn.

Índice

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Índice	ix
Índice de Tablas	xii
Índice de Figuras	xvi
I. Introducción	18
II. Planteamiento del Problema	19
2.1. Descripción y Formulación del Problema.....	19
2.1.1. Problema general.....	20
2.1.2. Problemas específicos.....	20
2.2. Objetivos.....	20
2.2.1. Objetivo general.....	20
2.2.2. Objetivos específicos.....	20
2.3. Justificación de la investigación.....	21
2.4. Hipótesis.....	22
2.4.1. Hipótesis general.....	22
2.4.2. Hipótesis específicos.....	22
2.5. Variable.....	22
2.5.1. Operacionalización de variables.....	25
III. Marco Teórico	26

3.1. Antecedentes.....	26
3.2. Bases teóricas.....	31
3.2.1. Origen del maíz morado.....	31
3.2.2. Clasificación taxonómica.....	31
3.2.3. Características morfológicas del maíz morado.....	32
3.2.4. Agro ecología y Factores climáticos.....	34
3.2.5. Variedades de maíz morado.....	36
3.2.6. Los abonos orgánicos.....	37
3.2.7. Tipos de abonos orgánicos.....	37
3.2.8. Propiedades del suelo.....	38
3.2.9. Interpretación de resultados.....	41
3.3. Definición de términos.....	50
IV. Metodología.....	53
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	53
3.2. Ámbito temporal y espacial.....	53
3.3. Población y muestra.....	54
3.4. Instrumentos.....	55
3.5. Procesamientos.....	55
3.6. Análisis de datos.....	60
3.7. Consideraciones éticas.....	61
V. Resultados y discusión.....	62
4.1. Resultados.....	62
4.1.1. Propiedades físicas del suelo.....	62
4.1.2. Propiedades químicas del suelo.....	71
4.1.3. Rendimiento de maíz morado.....	97
4.2. Discusión.....	101
VI. Conclusiones.....	103

VII. Recomendaciones.....	108
VIII. Referencias.....	110
IX. Anexos.....	114
A) Matriz de consistencia.....	114
B) Instrumento de recolección de información.....	116
C) Base de datos.....	117
D) Evidencias.....	119
E) Análisis de suelo.....	124
F) Nivel de abonamiento.....	129

Índice de Tablas

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2: Tratamientos de abonos orgánicos para evaluar las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maíz morado (<i>Zea mays L.</i>) variedad PMV-581.....	55
Tabla 3: Detalles y dimensiones del área experimental.....	56
Tabla 4: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Arena (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	62
Tabla 5: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Arena (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	63
Tabla 6: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Arena (%) del suelo tratado con abonos orgánicos	64
Tabla 7: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Limo (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	64
Tabla 8: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Limo (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	65
Tabla 9: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Limo (%) del suelo tratado con abonos orgánicos.....	66
Tabla 10: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Arcilla (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	67
Tabla 11: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Arcilla (%) del suelo tratados con abonos orgánicos.....	68
Tabla 12: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Arcilla (%) del suelo tratado con abonos orgánicos	68
Tabla 13: Estructura del suelo tratados con abonos orgánicos.....	69
Tabla 14: Porosidad del suelo tratados con abonos orgánicos.....	70

Tabla 15: Datos recopilados y principales estadísticos de la propiedad pH del suelo tratados con abonos orgánicos.....	71
Tabla 16: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza de la propiedad pH del suelo tratados con abonos orgánicos	72
Tabla 17: Prueba de Tukey (5% de confianza) de la propiedad pH del suelo tratado con abonos orgánicos	73
Tabla 18: Datos recopilados y principales estadísticos de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratados con abonos orgánicos	73
Tabla 19: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratados con abonos orgánicos	74
Tabla 20: Prueba de Tukey (5% de confianza) de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratado con abonos orgánicos	75
Tabla 21: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Carbonato de calcio (CaCO ₃) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	76
Tabla 22: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de CaCO ₃ (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	77
Tabla 23: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de CaCO ₃ (%) del suelo tratado con abonos orgánicos	78
Tabla 24: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	78
Tabla 25: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de M.O. (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	79
Tabla 26: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos	80
Tabla 27: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de P (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos	81

Tabla 28: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de P (ppm) del suelo tratado con abonos orgánicos	82
Tabla 29: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos	82
Tabla 30: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de K (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos	83
Tabla 31: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de K (ppm) del suelo tratado con abonos orgánicos	84
Tabla 32: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	84
Tabla 33: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	85
Tabla 34: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratado con abonos orgánicos	86
Tabla 35: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Calcio (Ca ⁺²) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	87
Tabla 36: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Ca ⁺² (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	88
Tabla 37: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Ca ⁺² (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos	89
Tabla 38: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Magnesio (Mg ⁺²) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	89
Tabla 39: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Mg ⁺² (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	91
Tabla 40: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Mg ⁺² (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos	91

Tabla 41: Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Potasio (k+) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	92
Tabla 42: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Potasio (k+) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	93
Tabla 43: Datos recopilados del análisis de suelo y principales estadísticos del contenido de Sodio (Na+) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	94
Tabla 44: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Na+ (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	95
Tabla 45: Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Na+ (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos	96
Tabla 46: Datos recopilados y principales estadísticos del Peso (gr/mazorca) del suelo tratados con abonos orgánicos	97
Tabla 47: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del Peso (gr/mazorca) del suelo tratados con abonos orgánicos	98
Tabla 48: Prueba de Tukey (5% de confianza) del Peso (gr/mazorca) del suelo tratado con abonos orgánicos.....	99
Tabla 49: Datos recopilados y principales estadísticos del Rendimiento (Tn/ha) del suelo tratados con abonos orgánicos	99
Tabla 50: Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del Rendimiento (Tn/ha) del suelo tratados con abonos orgánicos.....	100
Tabla 51: Matriz de consistencia.....	114
Tabla 52: Datos de análisis de suelo.....	117
Tabla 53: Datos de rendimiento.....	118

Índice de Figuras

Figura 1: Croquis de la unidad experimental.....	56
Figura 2: Croquis del área experimental.....	57
Figura 3: Promedios del contenido de Arena (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	63
Figura 4: Promedios del contenido de Limo (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	65
Figura 5: Promedios del contenido de Arcilla (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	67
Figura 6: Promedios del contenido de pH del suelo tratados con abonos orgánicos	72
Figura 7: Promedios de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratados con abonos orgánicos.....	74
Figura 8: Promedios del contenido de CaCO ₃ (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	76
Figura 9: Promedios del contenido de M.O. (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	79
Figura 10: Promedios del contenido de P (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos	81
Figura 11: Promedios del contenido de K (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos	83
Figura 12: Promedios del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos	85
Figura 13: Promedios del contenido de Ca ⁺² (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	89
Figura 14: Promedios del contenido de Mg ⁺² (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	91
Figura 15: Promedios del contenido de Potasio (k ⁺) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	94
Figura 16: Promedios del contenido de Na ⁺ (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos	96
Figura 17: Promedios del Peso (gr/mazorca) del suelo tratados con abonos orgánicos .	99

Figura 18: Promedios del Rendimiento (Tn/ha) del suelo tratados con abonos orgánicos.....	101
Figura 19: Extrayendo muestra de suelo para hacer el análisis de suelo.....	119
Figura 20: Realizando la preparación del suelo.....	119
Figura 21: Realizando la instalación del cultivo.....	120
Figura 22: Realizando la instalación del sistema de riego.....	120
Figura 23: Sembrado del maíz.....	121
Figura 24: Realizando la primera evaluación con la asesora.....	121
Figura 25: Realizando la evaluación cada 15 días.....	122
Figura 26: Secado del maíz ya cosechado.....	122
Figura 27: Evaluación del rendimiento por tratamiento.....	123

I. Introducción

El maíz morado (*Zea mays* L.) es una variedad cultivada principalmente en los Andes peruanos, reconocida por su alto valor nutricional y sus potentes propiedades antioxidantes, derivadas de su elevado contenido de antocianinas (Sánchez-Chávez et al., 2013). Estas antocianinas no solo le confieren su característico color púrpura, sino que también aportan beneficios para la salud humana, como la prevención de enfermedades cardiovasculares y el fortalecimiento de la función cognitiva. Además, el maíz morado es rico en vitaminas, minerales y fibra dietética, siendo un componente esencial en la dieta de las comunidades andinas.

La variedad PMV-581 ha sido seleccionada por sus destacadas características agronómicas, incluyendo alta resistencia a enfermedades, excelente adaptación a diversas condiciones agroecológicas y un elevado rendimiento en producción de grano. En la región de Quitasol, Abancay, la producción de maíz morado no solo representa una fuente importante de ingresos para los agricultores locales, sino que también es fundamental para las tradiciones culturales y culinarias de la zona, utilizándose en platos tradicionales, bebidas fermentadas y festividades.

El manejo adecuado de los suelos agrícolas es crucial para garantizar la sostenibilidad y productividad de los cultivos a largo plazo. En las regiones andinas, los suelos pueden sufrir erosión, degradación y agotamiento de nutrientes, lo que hace indispensable implementar prácticas de manejo que mantengan y mejoren su salud. En este contexto, los abonos orgánicos han emergido como una alternativa viable y sustentable frente a los fertilizantes químicos tradicionales. Estos abonos, como compost, estiércol de vaca y abono verde, aportan nutrientes esenciales de manera equilibrada, mejoran la estructura del suelo, aumentan su capacidad de retención de agua y fomentan una actividad biológica saludable (Drinkwater, Wagoner, & Sarrantonio, 1998).

II. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción y Formulación del Problema

El principal desafío en el cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.), una variedad amilácea con altas exigencias nutricionales, reside en la dependencia de fertilizantes químicos para alcanzar rendimientos óptimos. Esta práctica intensiva ha ocasionado una significativa degradación de los suelos agrícolas donde se cultiva, comprometiendo la salud del suelo y, por ende, la productividad a largo plazo, en particular, en la zona de Quitasol, provincia de Abancay, la producción de maíz morado enfrenta serias dificultades debido a la pérdida de fertilidad del suelo, situación que repercute negativamente en el rendimiento de este cultivo esencial tanto a nivel local como global.

Ante esta problemática, surge la imperante necesidad de explorar alternativas de fertilización que no solo mejoren las propiedades físicas y químicas del suelo, sino que también incrementen la productividad del maíz morado. Los abonos orgánicos se presentan como una solución potencialmente eficaz, ofreciendo beneficios en términos de sostenibilidad y conservación ambiental. Estos abonos, al ser fuentes naturales de nutrientes, contribuyen a la restauración de la fertilidad del suelo sin los efectos adversos asociados al uso excesivo de fertilizantes químicos.

Sin embargo, es crucial llevar a cabo una evaluación científica rigurosa de los efectos de los abonos orgánicos en las propiedades del suelo y en el rendimiento del maíz morado, especialmente de la variedad PMV-581, bajo las condiciones específicas de Quitasol. La falta de información científica y datos empíricos sobre el impacto de estos abonos limita la capacidad de los agricultores para tomar decisiones informadas que optimicen el rendimiento del cultivo. Además, la escasez de investigaciones enfocadas en la variedad PMV-581 restringe el entendimiento de su respuesta a la fertilización orgánica.

Por consiguiente, el objetivo central de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes abonos orgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo y en el rendimiento del maíz morado PMV-581. Este estudio pretende generar información clave que promueva prácticas agrícolas más sostenibles y ayude a optimizar la producción de maíz morado, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y al bienestar económico de los agricultores en Quitasol, Abancay.

2.1.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023?

2.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) en las propiedades físicas del suelo, Quitasol - Abancay 2023?
- ¿Cuál es el efecto de abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) en las propiedades químicas del suelo, Quitasol - Abancay 2023?
- ¿Cuál es el efecto de abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023.

2.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) en las propiedades físicas del suelo, Quitasol - Abancay 2023.

- Determinar el efecto de abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) en las propiedades químicas del suelo, Quitasol - Abancay 2023.
- Estudiar el efecto de abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023.

2.3. Justificación de la investigación

Los hallazgos de esta investigación proporcionarán información científica útil y aplicable para agricultores, investigadores y demás actores del sector agrícola interesados en incorporar prácticas de abonamiento orgánico que mejoren la calidad del suelo y aumenten la producción sostenible de maíz morado. Asimismo, contribuirán al avance del conocimiento científico sobre el uso de abonos orgánicos y su influencia en el rendimiento de cultivos específicos, promoviendo la adopción de técnicas agrícolas más ecológicas y socialmente responsables. La degradación del suelo y la disminución de su fertilidad son retos significativos para la agricultura sostenible; por ello, este estudio busca identificar alternativas que mejoren las características físicas y químicas del suelo, favoreciendo su conservación y el uso de prácticas más sostenibles en la agricultura.

El maíz morado, especialmente la variedad PMV-581, es un cultivo valioso por sus propiedades nutricionales y su alto contenido de antioxidantes. No obstante, su rendimiento puede verse comprometido por la deficiencia de nutrientes esenciales como el nitrógeno, fósforo y potasio, así como por las malas condiciones del suelo. A través de esta investigación se pretende identificar qué abonos orgánicos, como el Mallki, la gallinaza y el guano de isla, son más efectivos para mejorar el rendimiento de este cultivo, promoviendo su productividad y garantizando su disponibilidad como alimento.

El empleo de abonos orgánicos representa una alternativa más respetuosa con el medio ambiente en comparación con los fertilizantes químicos, contribuyendo a reducir el impacto ambiental y a mantener la salud de los ecosistemas agrícolas. Así, generar evidencia científica sobre los efectos de los abonos orgánicos en el suelo y en el

rendimiento del maíz morado fomentará la adopción de prácticas agrícolas sostenibles. Los resultados serán valiosos para investigadores, agricultores y otros agentes del sector, brindándoles una base sólida para tomar decisiones informadas sobre la mejora de la producción y la conservación del suelo.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los abonos orgánicos tiene un efecto altamente significativo en las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023.

2.4.2. Hipótesis específicos

- Los abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) tiene un efecto altamente significativo en las propiedades físicas del suelo, Quitasol - Abancay 2023.
- Los abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) tiene un efecto altamente significativo en las propiedades químicas del suelo, Quitasol - Abancay 2023.
- Los abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) tiene un efecto altamente significativo en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023.

2.5. Variable

A) Variable independiente: Abonos orgánicos

Definición conceptual.

Los abonos orgánicos son distintos tipos de materia orgánica descompuesta que se emplean para mejorar la calidad del suelo. Estos abonos derivan de residuos vegetales, estiércol animal y otros materiales orgánicos, los cuales, mediante procesos naturales o controlados de descomposición, se convierten en nutrientes esenciales para las plantas. Además de aportar nutrientes, los abonos orgánicos mejoran la estructura del suelo,

incrementan su capacidad para retener agua y estimulan la actividad microbiana (Tisdale, Nelson, Beaton, & Havlin, 1993).

Definición operacional.

En el contexto de esta investigación, la variable independiente "Abonos orgánicos" se operacionaliza mediante la aplicación de tres tipos específicos de abonos orgánicos: Mallki, gallinaza y guano de isla. Estos abonos se aplicarán en dosis específicas determinadas a partir de estudios preliminares y recomendaciones agrícolas.

Mallki: Aplicación de este abono orgánico en una dosis de 5 tn por hectárea.

Gallinaza: Aplicación de este abono orgánico en una dosis de 4 tn por hectárea.

Guano de Isla: Aplicación de este abono orgánico en una dosis de 2 tn por hectárea.

La eficacia de estos abonos se evaluará a través de su impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo y en el rendimiento del cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581. Las propiedades del suelo a ser medidas incluyen su estructura, contenido de nutrientes.

B) Variable dependiente: Propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento

Definición conceptual.

Las propiedades físicas y químicas del suelo y el rendimiento agrícola son indicadores clave del suelo. Las propiedades físicas incluyen la textura, estructura, densidad, porosidad y capacidad de retención de agua del suelo. Las propiedades químicas comprenden el pH, la concentración de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, y la presencia de materia orgánica y minerales. El rendimiento agrícola se refiere a la cantidad y calidad de los cultivos producidos (Martínez & Hernández, 2019, p. 45).

Definición operacional.

Se operacionaliza mediante la medición de la textura, estructura, densidad aparente, porosidad y capacidad de retención de agua del suelo, utilizando métodos como el

análisis de partículas, evaluación visual, el método del cilindro de suelo y la olla de presión. Las propiedades químicas se evaluarán midiendo el pH, la concentración de nutrientes esenciales (nitrógeno, fósforo y potasio) y la materia orgánica. El rendimiento agrícola se determinará a través de la producción de maíz morado, expresada en toneladas por hectárea. Estas mediciones se realizarán antes y después de la aplicación de los abonos orgánicos (Mallki, gallinaza y guano de isla) en las parcelas experimentales, permitiendo así evaluar los tratamientos en las propiedades del suelo y el rendimiento del maíz morado.

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas de diferentes tamaños que componen el suelo, clasificándose principalmente en arena, limo y arcilla. La arena está compuesta por partículas de mayor tamaño, con diámetros que varían entre 0.05 y 2 mm, lo que confiere al suelo una textura gruesa, bien drenada y con una capacidad limitada para retener agua y nutrientes. Por otro lado, el limo comprende partículas de tamaño intermedio, con diámetros entre 0.002 y 0.05 mm, lo que resulta en una textura suave que retiene más agua y nutrientes que los suelos arenosos, aunque puede ser susceptible a la compactación. La arcilla, constituida por partículas de menor tamaño, inferiores a 0.002 mm, proporciona una textura fina que permite una alta retención de agua y nutrientes, pero que drena lentamente y puede presentar dificultades para el trabajo debido a su alta plasticidad. La textura del suelo influye significativamente en diversas propiedades físicas y químicas, como la capacidad de retención de agua, la aireación, la facilidad de manejo, la disponibilidad de nutrientes y la susceptibilidad a la erosión. Un suelo con una textura equilibrada, como el franco, que contiene proporciones similares de arena, limo y arcilla, suele ser ideal para la mayoría de los cultivos agrícolas debido a su buena capacidad de retención de agua y nutrientes, así como a su adecuada aireación.

Por otro lado, la estructura del suelo se refiere a la manera en que las partículas del suelo se agrupan para formar agregados o macropartículas, los cuales pueden variar en

tamaño, forma y estabilidad. Existen diferentes tipos de estructura del suelo, como la estructura granular, caracterizada por pequeños agregados esféricos que favorecen una buena aireación y drenaje, y son comunes en suelos fértiles y bien manejados. La estructura en bloque o pardina, con agregados más angulares y de mayores dimensiones, puede presentarse en suelos arcillosos y, si no se gestiona adecuadamente, puede dificultar el drenaje y la penetración de las raíces. La estructura columnar o acicular, formada por agregados alargados, puede crear canales en el suelo que afectan la uniformidad del drenaje y la distribución de nutrientes. Finalmente, la estructura disgregada, donde no existen agregados definidos, resulta en un suelo compacto y de baja aireación, lo que dificulta el crecimiento de las raíces y aumenta el riesgo de erosión. La estructura del suelo es crucial para la salud del ecosistema agrícola, ya que influye en la infiltración de agua, la retención de humedad, la circulación de gases, la resistencia a la erosión y la facilidad de labranza.

2.5.1. Operacionalización de variables

Tabla 1:

Operacionalización de variables

Tipo	Variables	Dimensión	Indicadores	Indices
V. I.	Abonos orgánicos	Fertilidad del suelo	Mallki	Kg
			Gallinaza	Kg
			Guano de isla	Kg
V. D.	Propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento	Propiedades físicas	Clase textural	%
			Estructura de suelo	Nominal
			Porosidad	%
V. D.	Propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento	Propiedades químicas	pH	U
			Conductividad eléctrica	mS/cm
			Calcio	%
			Materia orgánico	%
			Nitrógeno	%
			Fosforo	ppm
Potasio	ppm			
V. D.	Propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento	Rendimiento maíz morado	Cationes cambiabiles	Meq/100g
			Peso por planta	kg
			Toneladas por hectárea	Tn/ha

Fuente: Elaboración propia

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

En el estudio realizado por Monsierra et al. (2021), se analizó la idoneidad agronómica de diversas familias endogámicas de maíz morado (*Zea mays* L.) en la región semiárida central de Córdoba. Este trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC), donde se sembraron el 4 de enero de 2019 un total de 11 familias S1 bajo un diseño de surco/progenie sin repeticiones. La evaluación de las características fenotípicas de las progenies abarcó un ciclo de 140 días, con una floración que se registró entre los días 61 y 75 tras la siembra. Los resultados mostraron diferencias significativas en varios parámetros agronómicos: la altura de inserción de la espiga principal (AIEP) varió entre 1,12 y 1,6 metros, el diámetro del tallo (DT) fluctuó entre 1,72 y 2,44 centímetros, el largo de la espiga (LE) osciló entre 9,42 y 16,1 centímetros, mientras que el diámetro de la mazorca (DE) estuvo entre 3,92 y 4,76 centímetros. Asimismo, se registró una variación en el número de hileras (NHil), que fue de 10,8 a 14,67. Estas variaciones se reflejaron en los rendimientos, que oscilaron entre 28,9 y 64 quintales por hectárea. Además, se observaron correlaciones positivas entre la altura de planta (AP) y otros rasgos del desarrollo del maíz: el largo de la espiga ($r=0,5$), el diámetro de la mazorca ($r=0,39$), el número de granos por hilera ($r=0,46$) y el rendimiento ($r=0,56$). Estos datos sugieren que las plantas más altas tienden a producir mazorcas más grandes y con mejores rendimientos. También se identificó una notable variabilidad en el color de los granos dentro de cada familia. En conjunto, los genotipos analizados mostraron un desempeño agronómico favorable, lo que constituye una base inicial para proseguir con la evaluación y selección de los genotipos más prometedores en esta región.

En el estudio realizado por Hernández-Rodríguez et al. (2010), titulado "Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz",

se exploró el impacto de los abonos orgánicos en suelos que han sido sometidos a cultivos intensivos de maíz, con el objetivo de mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad de retención de agua y nutrientes. Los objetivos principales fueron analizar el efecto de los abonos en las propiedades físicas y químicas del suelo, y determinar cuál de ellos generaba el mejor rendimiento en grano. Se utilizaron cuatro tipos de abonos en distintas dosis: bovino, caprino, composta en cantidades de 20, 30 y 40 t ha⁻¹, y gallinaza en dosis de 4, 8 y 12 t ha⁻¹, junto a un control con fertilización inorgánica (120-40-00 de N-P-K). Se sembró maíz del genotipo San Lorenzo bajo un diseño de bloques al azar, y se evaluaron variables como humedad, pH, materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P) y rendimiento del grano. Los resultados mostraron un incremento en la materia orgánica, N y P, aunque no hubo cambios significativos en las propiedades físicas. El mayor rendimiento fue con fertilización inorgánica (6.05 t ha⁻¹), pero la composta, con un rendimiento de 5.66 t ha⁻¹, se mostró como una opción viable para sustituir los fertilizantes químicos, especialmente en dosis de 20 a 30 t ha⁻¹.

Por su parte, Arrieche Luna (2009), en su estudio "Efecto de la fertilización orgánica y química en suelos degradados cultivados con maíz en el estado Yaracuy, Venezuela", se enfocó en mejorar suelos degradados utilizando una combinación de fertilización orgánica y química. Evaluó el uso de estiércoles de gallinaza y cachaza de caña de azúcar, y midió la mineralización de nitrógeno en dos tipos de suelos: El Rodero y La Virgen. Se observó que la mayor mineralización de nitrógeno ocurrió en la sexta semana, con un mayor efecto en El Rodero. Las dosis combinadas de nitrógeno y cachaza incrementaron la materia orgánica y los rendimientos, lo que permitió establecer las dosis más efectivas y rentables para ambos suelos.

El estudio de Rodríguez y Hernández (2012) analizó el efecto de dos tipos de abonos orgánicos (compost y lombricompost) sobre las características químicas del suelo y el rendimiento de las plantas de mora (*Rubus adenotrichus*) en dos regiones agroecológicas de Costa Rica: Buena Vista de Pérez Zeledón (BVPZ) y San Martín de

León Cortés (SMLC). Se implementaron tres tratamientos: compost (4 kg/planta), lombricompost (3 kg/planta) y un control sin abono, aplicados cada 6 meses durante dos años. Las dosis finales fueron de 6,6 t/ha para el compost y 4,9 t/ha para el lombricompost. Los resultados demostraron que ambos abonos elevaron el pH, disminuyeron la acidez, y aumentaron la disponibilidad de nutrientes (Ca, Mg, K, N y P), además de mejorar la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de materia orgánica. En cuanto al rendimiento, en BVPZ el compost generó 1,8 t/ha frente a las 0,9 t/ha del testigo. Sin embargo, en SMLC no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos.

Por otro lado, Luna (2012) investigó el impacto de biofertilizantes y abonos orgánicos en el rendimiento y la calidad del suelo en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Chiapas, realizando tres experimentos: uno controlado y dos en parcelas locales. Se evaluaron variables como el desarrollo vegetativo, análisis foliar, rendimiento del grano, colonización micorrízica y la diversidad de especies de hongos micorrízicos arbusculares (HMA). El tratamiento con humus, *Glomus* y *Azospirillum* incrementó el desarrollo vegetativo y el rendimiento de grano en un 27% respecto al control. Además, el uso de abonos verdes y cultivos de cobertura mejoró el rendimiento del maíz y la diversidad de especies HMA, especialmente en parcelas con leguminosas. El tratamiento con micorrizas logró uno de los mayores rendimientos (2101,7 kg/ha) y una relación costo-beneficio favorable (1.35), destacándose como una alternativa sostenible para la producción de maíz.

Mandujano Apolín (2017) estudió el efecto de abonos orgánicos en la producción de maíz morado de la variedad mejorada PMV-581 y en las propiedades químicas del suelo en Huánuco. El experimento incluyó 1664 plantas, distribuidas en parcelas bajo un diseño de bloques completamente al azar, y evaluó cuatro tratamientos de abonos orgánicos. Las variables medidas fueron altura de la planta, peso de mazorca por planta y longitud de mazorca. Los resultados mostraron diferencias significativas, con el tratamiento 3 (bioabono + guano de isla) logrando el mayor rendimiento, con un peso de mazorca de

41,97 g y un rendimiento total de 7200 kg/ha. El tratamiento 2 (guano de isla) destacó en longitud de mazorca (18,80 cm) y un rendimiento promedio de 6100 kg/ha. El control obtuvo los resultados más bajos, con un peso de mazorca de 29,59 g.

Nolasco Bernardo (2021) investigó el efecto de enmiendas orgánicas en el rendimiento del maíz morado en Cayhuayna, Huánuco, con el objetivo de reducir los costos por el uso excesivo de fertilizantes. Se compararon cuatro tratamientos: testigo (T1), Multi guano (T2), guano de las islas (T3) y Orga guano premium (T4). Aunque no hubo impacto en los días hasta la floración, las enmiendas afectaron otras variables como la altura de la planta, la longitud y el diámetro de las mazorcas, así como el número de mazorcas. El tratamiento T4 (Orga guano premium) arrojó los mejores resultados con un rendimiento de 10 610,35 kg/ha, recomendándose su uso en futuros planes de fertilización para maíz morado.

Por otro lado, Arango Tenorio (2012), en su estudio "Abonamiento orgánico e inorgánico en el rendimiento de maíz morado en Canaán", buscó identificar los niveles óptimos de guano de islas y fertilizantes nitrogenados para maximizar el rendimiento. Realizado en el Centro Experimental Canaán del INIA, se utilizó un diseño de experimentación para evaluar los efectos de diferentes dosis de guano de islas (hasta 2000 kg/ha) y nitrógeno (hasta 200 kg/ha). Los resultados indicaron que tanto el guano de islas como el nitrógeno aumentaron el rendimiento y la precocidad del maíz, siendo el nitrógeno el más influyente. La mejor combinación se observó al mezclar un nivel medio de uno de los factores con un nivel alto del otro, con excepción del peso de la coronta.

Gonzales Sánchez (2019) realizó un estudio para evaluar el impacto de cuatro niveles nutricionales en el rendimiento y concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado, utilizando riego por goteo. El experimento, realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina, incluyó cuatro tratamientos: T0 (sin fertilización), T1 (NPK), T2 (NPK+micronutrientes) y T3 (NPK+micronutrientes y 10 toneladas de materia orgánica), aplicados a las variedades INIA-601, INIA-615 y PMV-581. El

tratamiento T3 mostró el mayor rendimiento, con 6 589 kg/ha, un 30.1% superior al control, y la variedad PMV-581 fue la más productiva, con 8 189 kg/ha. Además, esta variedad presentó la mayor eficiencia en el uso del agua y el índice de área foliar. En cuanto a la concentración de antocianinas, las mazorcas mostraron niveles 679% superiores a los granos, y el tratamiento T2 fue el más efectivo en mejorar su concentración. La variedad INIA-601 destacó en cuanto a la concentración de antocianinas, superando a las demás tanto en el grano como en la mazorca.

En el estudio realizado por Carbonelli Mosqueira (2021) sobre el impacto de los microorganismos eficientes (EM) en el desarrollo fenológico y rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.), se analizaron tres dosis de EM en la Estación Experimental Agraria Donoso del INIA, ubicada en Huaral, Lima, durante la campaña agrícola de 2019. Utilizando un diseño de bloques completos al azar, se establecieron cuatro tratamientos: T1 (1 litro de EM), T2 (3 litros de EM), T3 (6 litros de EM) y un control sin EM, cada uno replicado cuatro veces. Los resultados indicaron un efecto significativo de los EM ($p < 0.05$) en el maíz morado, destacando el tratamiento T3 (6 L/ha), que mostró los mejores resultados en cuanto a altura, diámetro del tallo y maduración de mazorca, correlacionando positivamente con el aumento del rendimiento del cultivo. En términos de producción, el control alcanzó un rendimiento de 3.54 ± 0.77 TM/ha, mientras que T3 duplicó esta cifra, logrando 6.53 ± 0.77 TM/ha.

Por otro lado, Cardenas Cosme (2022) investigó el efecto de abonos orgánicos en la producción de maíz blanco Urubamba, utilizando un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con cuatro tratamientos: guano de murciélago (T1), guano de isla (T2), guano de cuy (T3) y un control sin abono (T4). T1 (guano de murciélago) mostró el mejor desempeño en todas las variables medidas, con un promedio de 188 granos por mazorca, un peso de 211 g, una longitud de 14.99 cm y un diámetro de 19.96 cm. Desde un punto de vista económico, T1 generó una ganancia de S/. 7,715.81 y una rentabilidad del 55.49%, superando a los demás tratamientos y al control.

Finalmente, Alcarraz Huaman & Alcarraz Huaman (2019) llevaron a cabo un estudio sobre el rendimiento de dos variedades de frijol con tres tipos de abonos en Andahuaylas, Apurímac, empleando un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos: T1 (variedad rectin con guano de isla), T2 (rectin con gallinaza), T3 (rectin con estiércol de vacuno), T4 (variedad canario con guano de isla), T5 (canario con gallinaza) y T6 (canario con estiércol de vacuno). El tratamiento T5 (canario con gallinaza) obtuvo los mejores resultados, con un promedio de 272 gramos de grano seco por planta y 419.33 gramos de vainas por planta, mientras que T4 (canario con guano de isla) presentó el menor rendimiento, con 221 gramos de grano seco y 307.33 gramos de vainas por planta.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Origen del maíz morado

Manrique Chávez (2020), sugiere que el maíz morado canteño tiene su origen en la época colonial, cuando los agricultores de los valles andinos de la costa central, especialmente en el valle de Canta, a altitudes entre 1,000 y 2,400 metros sobre el nivel del mar, seleccionaron y clasificaron este tipo de maíz, denominado "Morado Canteño". Este maíz, del género *Zea* y la especie *mays* L., pertenece al grupo *amilaceae* st y al ecotipo Morado Canteño, probablemente derivado de la raza kully. Hoy en día, se cultivan alrededor de 4,000 hectáreas de este maíz, principalmente en los valles andinos occidentales, desde Barranca hasta Chincha, siendo el Callejón de Huaylas la segunda mayor zona productora. Este maíz abastece principalmente al mercado de Lima, aunque su cultivo también se ha extendido a menor escala en los valles de Arequipa, Moquegua y Tacna.

3.2.2. Clasificación taxonómica

Manrique Chávez (2020), realiza laa clasificacion taxonomica en:

Reino: Vegetal.

Sub reino: Embriofita

Division: Magnoliophyta

Clase: Lilipsida

Sub Clase: Commelinidae

Origen: Cyperales.

Familia: Maydeae

Sub familia: Panicoideas

Genero: Zea L.

Nombre científico: *Zea mays* L.

Nombre común: Maíz morado, Culli Sara.

3.2.3. Características morfológicas del maíz morado

Medina Hoyos (2022), hace la descripción morfológica de la siguiente manera:

A) Raíces.

Existen dos tipos de raíces: (i) seminales y (ii) adventicias. Las raíces seminales se originan de la semilla durante la germinación, con la radícula como la primera estructura que atraviesa el pericarpio, seguida de raíces laterales que emergen en la base del primer entrenudo, situado sobre el nudo escutelar. Al principio, crecen de manera horizontal, pero luego se orientan hacia abajo. Este sistema radicular es crucial en las primeras etapas del crecimiento de la plántula, hasta que se establece el sistema de raíces adventicias, que se convierte en el principal.

B) Tallo.

El tallo cumple tres funciones esenciales: (i) soportar la planta, (ii) transportar nutrientes y (iii) almacenar carbohidratos. El número de nudos y entrenudos en el tallo varía entre 20 y 30, según la variedad y el entorno. Se desarrolla en las primeras fases de la plántula y crece mediante la elongación celular de los entrenudos. En situaciones de estrés, este alargamiento se reduce, limitando el tamaño final de la planta.

C) Hojas.

Las hojas se distribuyen de forma alterna a lo largo del tallo. Cada hoja tiene tres componentes principales: (i) una lámina alargada y lanceolada con una nervadura central y venas paralelas, (ii) una vaina que rodea el entrenudo, y (iii) una lígula que une la lámina con la vaina.

D) Panoja.

La panoja comienza a desarrollarse una vez que la planta ha emitido todas sus hojas, iniciándose también la formación de los granos de polen. Cuando la panoja emerge completamente, dispersa el polen, comenzando en la parte inferior del tercio medio del eje principal y extendiéndose hacia los extremos. Dependiendo de la variedad, una panoja puede producir entre 15 y 50 millones de granos de polen, que son transportados por el viento para la polinización.

E) Mazorca.

El tamaño de la mazorca está influenciado por las condiciones ambientales y la densidad del cultivo. A mayor densidad de plantas, menor será el tamaño de la mazorca. Según la variedad, una mazorca puede tener entre 8 y 24 hileras de granos.

F) Grano

El grano, conocido como cariósipide o cariopse, es un fruto en el que la pared del saco embrionario se fusiona con la semilla. Está compuesto por el pericarpio, el endospermo y el embrión. El pericarpio es la capa exterior que protege al grano, derivada del tejido materno del saco embrionario. En la parte superior del grano se encuentra la cicatriz, que corresponde al punto de unión con el estilo floral, y en la base está el pedicelo, que es el tallo floral. El endospermo, que constituye entre el 80 y 85 % del peso del grano, está compuesto principalmente por almidón (88 %) y proteínas (8 %). El embrión, que representa el 12 % del grano, contiene el tallo embrionario y la radícula, junto con hojas modificadas como el escutelo y el

coleóptilo. Durante la germinación, la radícula es la primera en emerger, y las células del mesocotilo se alargan, empujando al coleóptilo hacia la superficie del suelo.

3.2.4. Agro ecología y Factores climáticos

- a) Temperatura.** Según Quispe Jacobo et al. (2011), la temperatura es un factor agroclimático clave que influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas, acelerando o retrasando sus procesos metabólicos, lo que impacta la duración del ciclo vegetativo. En la sierra peruana, el clima es seco y templado, con fluctuaciones diarias de temperatura que varían entre 2 y 20 °C. Las precipitaciones anuales oscilan entre 500 y 1200 mm, con veranos lluviosos e inviernos secos acompañados de heladas. La temperatura anual en la región varía entre 10 y 21 °C, lo cual está por debajo del rango óptimo para el desarrollo del maíz, como ocurre en la costa o la selva, lo que provoca un crecimiento celular más lento en el maíz amiláceo. Durante la fase reproductiva, temperaturas superiores a 35 °C pueden comprometer la viabilidad del polen, disminuyendo el rendimiento. No obstante, en la sierra, la ausencia de temperaturas extremas ayuda a evitar la reducción del tamaño del grano por la falta de acumulación de materia seca en el endospermo.
- b) Agua.** Quispe Jacobo et al. (2011) destacan que el agua es crucial para el transporte de nutrientes y fotosintatos dentro de la planta, siendo absorbida desde el suelo. Las células vegetales necesitan altos niveles de humedad para funcionar adecuadamente, y el agua es esencial en la fotosíntesis. Alrededor del 85 % de la composición de los organismos vegetales es agua, aunque este porcentaje varía según la especie. En la sierra, los "veranillos" después de la germinación reducen la disponibilidad de agua, lo que afecta la densidad de plantas por hectárea. Es fundamental asegurar suficiente agua durante las dos semanas previas y posteriores a la floración, ya que es cuando se libera el

polen y la mazorca empieza a emitir estigmas; la falta de agua en este periodo reduce la producción de grano. En la sierra, el maíz se siembra durante la temporada de lluvias, con precipitaciones entre 600 y 700 mm anuales, indispensables para el desarrollo del cultivo.

- c) Radiación solar.** La fotosíntesis, proceso mediante el cual las plantas transforman materia inorgánica en orgánica usando la energía solar, es vital para el crecimiento, según Quispe Jacobo et al. (2011). La clorofila capta la luz solar, y en presencia de agua, convierte el dióxido de carbono en glucosa y oxígeno, siendo la glucosa la principal fuente de energía de la planta. El maíz, con su metabolismo C4, optimiza la fotosíntesis al reducir la fotorrespiración y aumentar la producción de materia seca. Sin embargo, en altitudes superiores a los 3,000 msnm, condiciones como la nubosidad, neblina y bajas temperaturas retrasan el crecimiento del maíz y alargan su ciclo vegetativo.
- d) Foto periodo.** Quispe Jacobo et al. (2011) señalan que existe una relación directa entre la radiación solar y el rendimiento del maíz: mayor radiación se traduce en un mejor rendimiento. Para maximizar la captura de luz solar, es importante que, al alcanzar su tamaño máximo, el follaje cubra completamente el suelo. En el caso del maíz morado, la exposición al sol aumenta la producción de antocianinas, pigmentos responsables de su color, con la radiación ultravioleta siendo un factor clave que potencia esta producción (Medina et al., 2016). Un espaciado adecuado entre surcos y el desahije a dos plantas por golpe permiten una buena exposición solar, lo que intensifica el color del maíz morado. Sin embargo, los días nublados, comunes en la sierra debido a la baja radiación solar, reducen la producción de materia seca, lo que afecta negativamente el rendimiento del cultivo.

3.2.5. Variedades de maíz morado

Manrique Chávez (2020), menciona las variedades más comerciales de maíz morado, entre ellas:

a) Morado Canteño

El Morado Canteño es una variedad nativa que alcanza alturas entre 1.80 y 2.50 metros, con un periodo de floración que va de 110 a 120 días. Se caracteriza por su coloración púrpura o morada en tallos, hojas, panojas y barbas. Las mazorcas destacan por su alta concentración de pigmentos morados, presentes tanto en el exterior como en el interior del marlo, así como en el pericarpio de los granos. Los granos son planos, con endospermo de textura amilácea y color blanco. Las mazorcas tienen una forma cilindro-cónica, con una longitud aproximada de 15 cm y un diámetro de 5 cm, conteniendo entre 8 y 14 hileras de granos. Esta variedad se cultiva en altitudes entre los 500 y 2,400 msnm, principalmente en la costa central de Lima, en las provincias de Canta, Lima y Caraz, en la región de Ancash.

b) Morado Caraz

El Morado Caraz es una variedad derivada del Morado Canteño, introducida en el Callejón de Huaylas en 1965 por el Dr. Cerrate y R. Sevilla, como parte del Proyecto de Mejoramiento de Maíz de Sierra de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los ensayos de adaptación se realizaron en las estaciones experimentales de Mitapampa y Malpaso, tras lo cual la semilla fue identificada y multiplicada en Caraz, donde se le otorgó el nombre de "Morado Caraz".

c) Morado Mejorado PMV- 581 y PMV-582

Las variedades PMV-581 y PMV-582 son versiones mejoradas del Morado Caraz, diseñadas para aumentar el rendimiento. La PMV-581 es adecuada para la sierra media, mientras que la PMV-582 se ha adaptado para la costa central. Estas variedades han pasado por varios procesos de selección para incrementar y estabilizar la concentración de pigmentos púrpuras en el marlo y en el pericarpio de los granos, mejorando al mismo

tiempo el rendimiento en comparación con el Morado Canteño original. Alcanzan una altura promedio de 2 metros, con un periodo de floración masculina entre los 90 y 110 días, produciendo dos mazorcas por planta. Su rendimiento promedio oscila entre 2 y 4 toneladas por hectárea.

3.2.6. Los abonos orgánicos

Gómez y Vásquez (2011) señalan que el uso excesivo de fertilizantes químicos ha generado diversos problemas en la agricultura, entre ellos la contaminación ambiental. En contraste, los abonos orgánicos ofrecen numerosas ventajas, como el fomento de la actividad biológica en el suelo, especialmente de los organismos responsables de convertir la materia orgánica en nutrientes disponibles para las plantas. Además, mejoran la capacidad del suelo para absorber y retener agua, aumentan la porosidad, lo que favorece el desarrollo de las raíces, y elevan la capacidad de intercambio catiónico, facilitando la liberación de nutrientes para los cultivos. Asimismo, mejoran las condiciones para la labranza y, al ser elaborados con recursos locales, ayudan a reducir los costos de producción.

3.2.7. Tipos de abonos orgánicos

A) Guano de isla.

Según AGRORURAL (2022), el guano de las islas es considerado el fertilizante orgánico más eficiente a nivel mundial. Su recolección y distribución están gestionadas por la Dirección de Abonos del Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural - AGRO RURAL. Este fertilizante mejora la calidad del suelo, incrementa la productividad agrícola y contribuye al bienestar de los agricultores. Está disponible a precios accesibles, especialmente para pequeños agricultores, comunidades indígenas y campesinas. El guano proviene de las excreciones de aves guaneras que habitan en las islas y puntas del litoral peruano, como el guanay (*Phalacrocorax bougainvillii*), el piquero (*Sula variegata*) y el pelícano (*Pelecanus thagus*).

B) Gallinaza.

Intagri (2020) afirma que la gallinaza es un fertilizante muy valioso cuando se utiliza adecuadamente, ya que es rica en nitrógeno y otros nutrientes esenciales como fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre y micronutrientes. Su uso mejora la materia orgánica, fertilidad y calidad del suelo. Sin embargo, su efectividad puede variar dependiendo de varios factores, por lo que es recomendable realizar un análisis de laboratorio para determinar su composición exacta y así aplicar la dosis adecuada.

C) Mallki.

Montoya et al. (2017) describen a Mallki como un mejorador natural del suelo, producido mediante la degradación controlada de residuos sólidos de aves, restos vegetales y otros materiales orgánicos. Este abono, libre de impurezas, optimiza la retención de agua, introduce microorganismos benéficos y mejora la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Además, es una fuente importante de microelementos esenciales para las plantas y contiene extractos húmicos de alta calidad, que enriquecen la materia orgánica del suelo.

3.2.8. Propiedades del suelo**A) Propiedades físicas del suelo.**

Universitaria (2021), el suelo es un cuerpo poroso que combina partículas orgánicas e inorgánicas en diversos grados de descomposición, además de agua y aire en proporciones variables. La interacción de estos componentes define las características del suelo, como su textura, estructura, consistencia, porosidad, drenaje y profundidad efectiva, lo que permite determinar las pautas de manejo y estimar el rendimiento esperado.

- a) Textura: Se refiere a la proporción de partículas minerales de diferentes tamaños presentes en el suelo.
- b) Estructura: Describe la manera en que las partículas del suelo se agrupan para formar agregados.

- c) Densidad: Afecta la distribución de la vegetación, siendo los suelos más densos capaces de soportar una mayor cantidad de vegetación.
- d) Temperatura: Influye en la distribución de la vegetación, especialmente a distintas altitudes.
- e) Color: Está determinado por los componentes del suelo y varía según la cantidad de humedad presente.

B) Propiedades químicas del suelo.

Angel Galaviz (2015), menciona que los solutos, tanto electrolíticos como no electrolíticos, contenidos en la disolución del suelo son las fuentes de nutrientes esenciales para las plantas. Los iones entran en la solución del suelo a través de varios mecanismos, entre ellos:

- Intemperismo mineral.
- Descomposición de materia orgánica.
- Lluvia y meteorización.
- Sales presentes en el agua de riego.
- Fertilización.
- Liberación de iones retenidos en la fracción coloidal o arcillosa del suelo.

a) Capacidad de intercambio catiónico (CIC). La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se refiere a la cantidad de cargas negativas presentes en los minerales y la materia orgánica del suelo, como la arcilla y la materia orgánica. Estas cargas permiten al suelo retener cationes como calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K) y amonio (NH₄), que pueden ser intercambiados por otros iones en la solución del suelo y liberados por las raíces. Un suelo con alta CIC tiene mayor capacidad de retener y suministrar nutrientes a las plantas, mientras que los suelos con baja CIC, como los suelos arenosos, tienen una menor capacidad para retener nutrientes. La CIC se mide en centimoles de carga por kilogramo de suelo (cmolc/kg).

- b) pH del suelo.** El pH del suelo mide la concentración de iones de hidrógeno (H^+) y determina la acidez o alcalinidad del suelo, lo cual influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. El pH del suelo puede variar de 3.5 (muy ácido) a 9.5 (muy alcalino). En suelos muy ácidos ($pH < 5.5$), puede haber niveles tóxicos de aluminio y manganeso, mientras que suelos muy alcalinos ($pH > 8.5$) pueden ser susceptibles a dispersarse, lo que limita la actividad biológica. El pH óptimo para la mayoría de los cultivos es alrededor de 6.5.
- c) Porcentaje de saturación de bases.** El porcentaje de saturación de bases refleja la proporción de cationes básicos (Ca, Mg, K, Na) que ocupan los sitios de intercambio en los coloides del suelo. En suelos con pH 7 (neutro), la saturación de bases es del 100 %, lo que indica que no hay iones de hidrógeno en los coloides. Este porcentaje está estrechamente relacionado con el pH del suelo y se utiliza para determinar la cantidad de cal necesaria para corregir la acidez del suelo.
- d) Nutrientes para las plantas.** La disponibilidad de nutrientes en el suelo determina su capacidad para nutrir a las plantas. Los nutrientes esenciales se dividen en macronutrientes, que las plantas necesitan en grandes cantidades (C, H, N, P, K, Ca, Mg, S), y micronutrientes, que se requieren en menores cantidades (Fe, Zn, Mn, B, Cu, Mo, Cl). Cualquier deficiencia o exceso de estos nutrientes puede provocar toxicidad o carencias, afectando el desarrollo de las plantas.
- e) Carbono orgánico del suelo (COS).** El Carbono Orgánico del Suelo (COS) se acumula en la capa superficial del suelo, proveniente de la vegetación que fija carbono atmosférico a través de la fotosíntesis. Los organismos del suelo descomponen esta vegetación en materia orgánica, y parte del carbono se libera como CO_2 o CH_4 en condiciones de anegamiento. El COS mejora las propiedades físicas del suelo, aumenta la CIC, retiene humedad y mejora la

estabilidad de los suelos arcillosos, además de reducir la lixiviación de nutrientes y regular el pH. Es clave para la salud del suelo y la mitigación del cambio climático.

- f) Salinización del suelo.** La salinización ocurre cuando se acumulan sales solubles en el suelo, ya sea por el ascenso capilar de aguas subterráneas salinas o por riego inadecuado sin drenaje adecuado. La evaporación del agua en la superficie deja sales que degradan el suelo y afectan negativamente a la vegetación. Las sales más comunes incluyen cationes como sodio, calcio, magnesio y potasio, junto con aniones como cloro, sulfato y carbonatos.
- g) Alcalinización del Suelo.** La alcalinización, o salinidad sódica, se produce cuando hay un exceso de sodio intercambiable en el suelo, lo que desplaza a otros cationes esenciales. Los suelos sódicos, típicos de zonas áridas y semiáridas, presentan inestabilidad y malas propiedades físicas y químicas, lo que afecta la permeabilidad y reduce la infiltración de agua, limitando el crecimiento de las plantas.

3.2.9. Interpretación de resultados

Según **Castellanos (2010)**, en la guía de interpretación de los resultados de análisis de suelo, indica que cada parámetro nos indica los siguientes:

a. pH:

Esta mediciones son más relevantes, puesto que está relacionada con la disponibilidad de nutrientes y la ausencia o presencia de aluminio libre, que podría ser tóxico para el cultivo. Es importante verificar si la medición se realizó en agua, CaCl₂ o KCl, y en qué proporción de suelo (generalmente es 1:2). Si se realiza en CaCl₂, el pH será entre 0.4 y 0.8 más bajo que en agua, mientras que en KCl es aproximadamente 1 unidad más bajo que en agua. A continuación se describen los rangos de pH en agua y sus posibles implicaciones:

- **pH >9.0:** Un pH tan alto indica niveles muy elevados de sodio intercambiable, lo que hace que el suelo sea inapropiado para la

agricultura. Esto sugiere la presencia de carbonato de sodio, una sal muy tóxica para los cultivos. Es esencial revisar el nivel de sodio intercambiable y analizar el agua de riego, ya que es probable que contenga niveles altos de sodio (RAS elevado).

- **pH 8.2-9.0:** Este rango indica probablemente un exceso de sodio en el suelo, especialmente si el pH supera 8.4, lo que puede estar relacionado con el agua de riego. Es recomendable revisar el nivel de sodio intercambiable para confirmarlo.
- **pH 7.0-8.1:** Puede haber presencia de carbonatos, lo que reduce la disponibilidad de nutrientes como fósforo, hierro, zinc, manganeso y cobre. Es necesario revisar estos niveles.
- **pH 6.0-6.5:** Este es el rango ideal de pH para la mayoría de los suelos, excepto en el caso de los Andosoles.
- **pH 5.5-6.0:** En este rango bajo, puede haber problemas con la presencia de aluminio intercambiable (Al^{+++}), lo que podría afectar el cultivo, salvo en los Andosoles, donde el aluminio puede ser problemático incluso a pH más altos.
- **pH 4.5-5.5:** Un suelo muy ácido con cantidades significativas de aluminio intercambiable, que provoca toxicidad y reduce el rendimiento. Es crucial revisar los niveles de aluminio y, si no se ha analizado, hacerlo. También es necesario determinar la dosis de encalado adecuada y revisar los niveles de fósforo disponible y molibdeno, que pueden verse afectados.
- **pH < 4.5:** Suelo extremadamente ácido con alta saturación de aluminio, lo que requiere encalado para mejorar la producción, incluso en cultivos tolerantes a la acidez. Es importante revisar posibles deficiencias de potasio, calcio, magnesio, fósforo y molibdeno, así como un posible exceso de manganeso, que puede ser un problema en suelos tropicales.

b. Sodicidad:

La sodicidad del suelo se mide determinando la cantidad de sodio y se calcula a través de su relación con la capacidad de intercambio catiónico (CIC), utilizando el contenido de Sodio Intercambiable (PSI). Se calcula con la fórmula $PSI = (Na/CIC) \times 100$, cuyas unidades de Na y CIC son meq/100 g o cmol(+)/kg. Para obtener una medición precisa de la CIC, se recomienda utilizar métodos analíticos como el acetato de amonio, ya que otros procedimientos, como Melich 3 o el método de Soltanpur, tienden a sobreestimar o subestimar los niveles de calcio y magnesio. A continuación se presentan los rangos de PSI y sus implicaciones:

PSI

- **0-5 %:** El suelo está libre de sodio, sin problemas de manejo, y no requiere aplicaciones significativas de calcio.
- **5-10 %:** Ligera sodicidad en suelos de textura media a fina, podría ser necesario aplicar yeso agrícola para mantenimiento. Se recomienda evaluar la necesidad de yeso.
- **10-15 %:** Sodicidad moderada, será necesario aplicar yeso para corregir el suelo.
- **15-20 %:** El suelo es claramente sódico, con posibles problemas de permeabilidad. Es necesario rehabilitarlo con yeso para asegurar una producción adecuada.
- **20-30 %:** El suelo es muy sódico y requiere una rehabilitación con aplicaciones de yeso agrícola para ser explotado de manera rentable.
- **>30 %:** El suelo es extremadamente sódico y no puede ser utilizado sin una rehabilitación significativa mediante aplicaciones masivas de una fuente de calcio. Además, se debe lavar el sulfato de sodio resultante tras la reacción del yeso con el sodio.

c. Salinidad o Conductividad Eléctrica (CE):

La Conductividad Eléctrica (CE) indica la cantidad de sales presentes en el suelo y se expresa en dS/m (anteriormente mmhos/cm). La salinidad impacta a los cultivos de dos maneras: mediante efectos generales y efectos específicos. Los efectos generales incluyen la reducción del potencial hídrico del suelo, lo que obliga a las plantas a realizar un mayor esfuerzo para absorber agua. Los efectos específicos, por su parte, se refieren a la toxicidad provocada por ciertos iones, como cloro, boro o sodio. Generalmente, la salinidad se asocia con los efectos generales y se mide en el extracto de saturación del suelo (CEe). No obstante, algunos laboratorios evalúan la salinidad usando proporciones de suelo, como 1:2 (CE1:2) o 1:5 (CE1:5). A continuación, se detallan las interpretaciones de los niveles de CEe:

- **< 2 dS/m:** Se interpreta como suelo sin problemas de salinidad, es adecuado para cualquier tipo de cultivo.
- **2-4 dS/m:** Se considera suelo ligeramente salino, por lo que puede afectar el rendimiento de cultivos sensibles.
- **4-6 dS/m:** Se interpreta como suelo moderadamente salino, la mayoría de los cultivos verá afectado su rendimiento, aunque los cultivos tolerantes sufrirán menos.
- **6-8 dS/m:** Es un suelo salino, en consecuencia afecta el rendimiento de una mayoría de los cultivos, con menor impacto en los más tolerantes.
- **8-12 dS/m:** En este caso es un suelo muy salino, en consecuencia es un suelo muy difícil de utilizar sin lavado previo. Algunos cultivos muy tolerantes pueden crecer si la salinidad está en el nivel más bajo de este rango, pero incluso así habrá una disminución en el rendimiento.
- **> 12 dS/m:** Suelo demasiado salino, prácticamente improductivo sin una rehabilitación sin hacer un lavado con agua de baja salinidad.

d. Contenido de carbonatos:

Los carbonatos presentes en el suelo es común en tierras áridas y semiáridas, donde la precipitación baja, provoca una acumulación en el perfil del suelo. Esta sal insoluble es una característica natural de los suelos en estas áreas. Los carbonatos aumentan el pH del suelo, lo que reduce la disponibilidad de ciertos nutrientes, especialmente micronutrientes como el hierro (Fe) y el zinc (Zn), y en algunos casos también el manganeso (Mn) y el cobre (Cu). Además, disminuyen la disponibilidad de fósforo (P) al formar fosfatos no solubles de calcio. La presencia de carbonatos se mide con un calcímetro, donde el CO₂ generado al reaccionar con un ácido es cuantificado con un manómetro.

Carbonatos

- **0-2%:** Se interpreta como suelo libre de carbonatos. No se recomienda el uso de ácidos, ya que la baja capacidad amortiguadora del suelo podría causar un cambio brusco de pH alcalino a ácido.
- **2-5%:** Este es un suelo ligeramente calcáreo. Es recomendable manejar nutrientes de reacción ácida, como los sulfatos, y verificar posibles deficiencias de Fe y Zn.
- **5-10%:** Se interpreta como suelo moderadamente calcáreo. Por tanto requiere manejo con nutrientes de reacción ácida y revisión de posibles problemas con Fe, Zn, Mn o Cu.
- **10-20%:** Este tipo de suelo se considera calcáreo. Es probable que en este tipo de suelo ocurra fijación de fósforo y además baja disponibilidad de Fe, Zn, Mn o Cu. Por lo tanto se recomienda medir estos micronutrientes con el método DTPA.
- **20-40%:** En este caso es un suelo altamente calcáreo. Es probable que se presenten problemas de fijación de fósforo y deficiencia de Fe, Zn, Mn

o Cu. Se deben utilizar nutrientes de reacción ácida para contrarrestar los efectos de los carbonatos.

- **>40%:** Este tipo de suelo es extremadamente calcáreo, con problemas de fijación de fósforo y deficiencias seguras de Fe, Zn, Mn o Cu. Se recomienda el uso de fuentes de reacción ácida y evitar aplicaciones de ácido sulfúrico a menos que haya problemas de sodio, ya que se requerirían grandes cantidades para neutralizar el suelo.

e. Materia orgánica:

La materia orgánica es un componente fundamental en el suelo, ya que su baja concentración puede provocar problemas en las propiedades físicas, como la estructura, compactación y limitación del flujo de agua. Esta deficiencia también puede afectar la aireación del suelo, dificultando el desarrollo y la expansión del sistema radicular. Además, la baja materia orgánica compromete la disponibilidad de micronutrientes como el zinc (Zn), especialmente en suelos con pH alcalino. Para comprender mejor estos efectos, es necesario tener en cuenta factores como la textura del suelo, el clima y el tipo de suelo, ya que ciertos suelos, debido a su alto contenido de aluminio (Al), inhiben la actividad biológica y limitan la mineralización de la materia orgánica.

f. Textura del suelo.

Suelos de Textura Gruesa

Los suelos de textura gruesa, caracterizados por su bajo contenido de arcilla y predominio de poros grandes, presentan una capacidad limitada para retener tanto nutrientes como agua. Esta estructura facilita la rápida pérdida de nutrientes, especialmente nitrógeno en forma de nitratos. En estos suelos, particularmente los arenosos, no es aconsejable aplicar amoníaco anhidro debido al alto riesgo de volatilización. Si se utiliza, es necesario inyectarlo a una profundidad de al menos 30 cm. Dado que estos suelos son propensos a la lixiviación y volatilización del

nitrógeno, es esencial dividir las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en varias dosis para optimizar su uso.

Suelos de Textura Media.

Este grupo incluye suelos como franco limoso, franco, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso y franco arcilloso. Cuando están mojados, son levemente pegajosos y plásticos; en condiciones húmedas, son suaves o firmes, y se endurecen cuando están secos. Forman agregados pequeños a medianos y tienen una mayor proporción de poros medianos y finos, lo que les otorga una capacidad moderadamente alta para retener agua y nutrientes. Son suelos altamente productivos para la agricultura, pero a medida que aumenta su contenido de limo, se vuelven más susceptibles a la compactación, lo que puede dificultar su manejo.

Suelos de Textura Fina.

Los suelos de textura fina son duros cuando están secos y tienen una alta proporción de poros finos. Su manejo requiere especial atención, ya que es fundamental trabajarlos en el punto óptimo de humedad para facilitar la labranza. Forman agregados grandes y firmes, y se clasifican en categorías como arcilla, arcilla limosa, arcilla arenosa y limo. Tienen una gran capacidad para retener agua y nutrientes, especialmente cuando contienen arcillas del tipo 2:1, como montmorillonita o illita. Aunque son naturalmente muy fértiles, requieren un manejo cuidadoso para evitar la compactación, especialmente si se trabajan en condiciones húmedas. Un buen contenido de materia orgánica puede mejorar significativamente su productividad y fertilidad.

g. Niveles de nutrimentos:

Es crucial verificar el método de diagnóstico empleado para interpretar correctamente los análisis de nutrientes, ya que cada método tiene diferentes niveles de referencia. No todos los métodos son adecuados para todos los tipos

de suelo, por lo que es recomendable identificar el más apropiado según las características del suelo.

Nitrógeno

La dosis de Nitrógeno a aplicar al cultivo se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$DN = [(MR \times Ne)/Ef] - [(Nm + Ni + Nr + No)]$$

Donde:

MR (Meta de rendimiento): La producción objetivo en toneladas por hectárea (t/ha).

Ne (Nitrógeno extraído): La cantidad de nitrógeno total que es extraído por cada unidad de rendimiento, medida en kg/t.

Nm (Nitrógeno mineralizado): El nitrógeno mineralizado a partir de la materia orgánica del suelo, expresado en kg/ha.

Ni (Nitrógeno inorgánico): La cantidad de nitrógeno inorgánico presente en el perfil del suelo, también expresada en kg/ha.

Nr (Efecto del cultivo anterior): Este valor refleja el nitrógeno que ha sido mineralizado (+) o inmovilizado (-) a partir de los residuos del cultivo anterior, medido en kg/ha.

No (Nitrógeno de enmiendas orgánicas): El nitrógeno que se mineraliza a partir de enmiendas orgánicas aplicadas al suelo, expresado en kg/ha.

Ef (Factor de eficiencia de uso del nitrógeno): Este es un coeficiente que varía entre 0.40 y 0.90 y refleja la eficiencia con la que la planta utiliza el nitrógeno disponible.

Fósforo

Para determinar la dosis de fósforo a ser aplicada, se debe considerar el nivel de este mismo nutriente en el suelo según el análisis usado. Se recomienda el método Olsen para suelos alcalinos y Bray para suelos ácidos. En suelos con alta

fijación de fósforo, ya sea por la presencia de aluminio o carbonatos de calcio, se aconseja aumentar la dosis de fósforo entre un 20% y 50%, dependiendo de la gravedad del problema de fijación.

Potasio

La dosis de potasio se determina en base a los niveles de interpretación, considerando el tipo de cultivo, al rendimiento esperado del cultivo y el nivel de potasio existente en el suelo. Para suelos en zonas tropicales con degradación, como Acrisoles, Cambisoles, Oxisoles, Luvisoles y Arenosoles con una CIC menor a 5 Cmol(+)/kg, se deben utilizar cuadros de interpretación específicos para estos tipos de suelos. La dosis de potasio varía según el cultivo y los objetivos de producción.

Calcio

La cantidad de calcio a aplicar depende del cultivo y de la relación con otros cationes presentes en el suelo, como sodio, potasio y magnesio, además de la saturación de calcio en la CIC. Aunque el nivel de calcio en el suelo sea alto, a menudo se aplica calcio adicional para mejorar la calidad del fruto o producto. En cultivos hortícolas, las dosis de calcio suelen variar entre 20 y 50 kg/ha cuando se usa nitrato de calcio. También es común aplicar calcio directamente al fruto o al follaje, especialmente en cultivos como sandías, manzanas, duraznos, lechuga y crucíferas.

Magnesio

Si el nivel de magnesio en el suelo es inferior a 150 ppm, se recomienda su aplicación en forma de sulfato doble de potasio y magnesio, sulfato de magnesio o sal de Epsom. Para aplicaciones foliares, se utiliza sulfato o nitrato de magnesio. Al encalar, es preferible utilizar cal dolomítica en lugar de cal simple, especialmente si el porcentaje de saturación de magnesio es inferior al 15%.

Hierro

La interpretación de los niveles de hierro (Fe) en el suelo, según el método DTPA, se encuentra en el Manual de Interpretación. Si es necesario, se recomienda la aplicación foliar de hierro.

Zinc

La dosis de zinc a aplicar depende del pH del suelo y de los niveles de zinc presentes, de acuerdo con lo especificado en el manual de interpretación.

Manganeso

La dosis de manganeso se define en función del pH y el nivel de manganeso en el suelo, según lo indicado en el cuadro correspondiente del Manual de Interpretación.

Cobre

La dosis de cobre varía según el nivel de este nutriente en el suelo y el método de aplicación. En suelos, las dosis oscilan entre 1 y 15 kg/ha, dependiendo de si se aplica en banda o al voleo. Las aplicaciones foliares requieren dosis mucho más bajas.

Boro

El boro se aplica solo cuando los niveles en el suelo son muy bajos, según lo indicado en el manual. Se debe tener especial cuidado con este nutriente, ya que el rango entre deficiencia y toxicidad es muy estrecho.

3.3. Definición de términos

1. **Maíz morado:** Según Solís & Villalobos Solís (2019), el maíz morado es un grupo de variedades de *Zea mays* caracterizado por su infrutescencia de color morado. Se cultiva prioritariamente en los Andes de Perú, Bolivia y Ecuador. Este es la única variedad que presenta un color morado profundo hasta el centro, además de ofrecer múltiples beneficios para la salud, lo que lo convierte en un

superalimento. También es valorado por su sabor único, ideal para la preparación de postres y bebidas tradicionales.

2. **Rendimiento:** Según Bornewasser et al. (1977), el rendimiento se refiere a la cantidad de producto cosechado o producido por unidad de área, ya sea de un cultivo agrícola o de productos derivados de la ganadería, como lana, carne o leche.
3. **Suelo:** Es la capa más superficial que tiene la corteza terrestre, está compuesta principalmente de restos de roca que han sufrido procesos erosivos, tanto físicos como químicos, además junto a materia orgánica que es resultado de la actividad biológica que ocurre en la superficie.
4. **Abonos orgánicos:** Gómez & Vásquez (2011) indican que los abonos orgánicos se han empleado durante mucho tiempo para mejorar la fertilidad del suelo y favorecer el desarrollo de los cultivos. Actualmente, su uso es esencial debido a su eficacia para aumentar los rendimientos y mejorar la calidad de los productos agrícolas.
5. **Mallki:** Montoya et al. (2017) describen el mallki como un abono natural mejorador del suelo, elaborado a partir de la descomposición controlada de residuos de aves, vegetales y otros componentes orgánicos.
6. **Guano de Isla:** AGRORUAL (2022) afirma que el guano de isla es un fertilizante natural completo, ya que contiene todos los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas.
7. **Gallinaza:** Según Intagri (2020), la gallinaza consiste en las excretas de gallinas ponedoras, que pueden mezclarse con restos de alimentos, plumas y materiales de cama, y es un fertilizante valioso cuando se gestiona adecuadamente.
8. **Propiedades físicas del suelo:** Brady y Weil (2008) definen las propiedades físicas del suelo como aquellas que influyen en su estructura y capacidad para retener agua, nutrientes y aire, así como en su resistencia a la erosión. Estas

incluyen la textura, porosidad, densidad aparente, retención de agua, permeabilidad y capacidad de carga.

- 9. Propiedades químicas del suelo:** Según Brady y Weil (2008), las propiedades químicas del suelo están relacionadas con su composición y las interacciones de los nutrientes, e incluyen el pH, la capacidad de intercambio catiónico, concentración de nutrientes, elementos tóxicos y la disponibilidad de estos para las plantas.
- 10. Calidad del fruto:** Ferguson (2003) describe la calidad del fruto como el conjunto de características que determinan su valor comercial y aceptabilidad, abarcando aspectos como sabor, aroma, textura, color, tamaño y contenido de nutrientes, que influyen en su apariencia y gusto.
- 11. Longitud de la mazorca:** Hallauer (2013) define la longitud de la mazorca como la distancia entre la base y la punta de la espiga de maíz, una medida importante para evaluar el rendimiento y la calidad del cultivo, que puede influir en el número de granos presentes.
- 12. Diámetro de la mazorca:** Ranum et al. (2014) explican que el diámetro de la mazorca es la medida de su grosor, una característica clave para evaluar el rendimiento y la calidad del maíz, ya que afecta el tamaño y forma de los granos en la mazorca.

IV. Metodología

3.1. Tipo y nivel de investigación

A) Tipo de investigación.

El tipo de investigación es experimental debido a que implica la manipulación de la variable independiente (tipos de abono orgánico) para observar y medir sus efectos sobre las variables dependientes (propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento del maíz morado). En este estudio, se controlarán y modificarán las condiciones del experimento aplicando diferentes tipos de abonos orgánicos a parcelas de cultivo de maíz morado. Los resultados obtenidos permitirán establecer relaciones causales entre las variables, validando hipótesis mediante observación directa y análisis de datos cuantitativos (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

B) Nivel de investigación.

El nivel de investigación es explicativo, ya que tiene como objetivo principal entender y explicar las causas detrás de las observaciones realizadas. En este caso, se busca explicar cómo y por qué los distintos tipos de abonos orgánicos afectan las propiedades físicas y químicas del suelo, así como el rendimiento del maíz morado. Este nivel de investigación va más allá de la mera descripción o correlación, centrándose en la determinación de las relaciones causales y mecanismos subyacentes que explican los efectos observados (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.2. Ámbito temporal y espacial

A) Ámbito temporal.

La investigación fue realizado desde junio de 2023 hasta febrero de 2024. Durante este período, se llevaron a cabo las diferentes etapas del estudio, que incluyeron la recolección de datos, el análisis de muestras, la aplicación de los abonos orgánicos, el monitoreo del crecimiento y desarrollo del maíz morado, así como la evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo y el rendimiento del cultivo.

B) Ámbito espacial.

La investigación se llevó a cabo en el sector de Quitasol, ubicado en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, en el país de Perú. Geográficamente, el área de estudio se encuentra a una latitud de 13° 38' 55.3" S (-13.64870197000) y una longitud de 72° 55' 22" W (-72.92278006000), a una altitud de 2332 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.). Hidrográficamente, el sector de Quitasol se encuentra dentro de la cuenca del río Apurímac y la subcuenca del río Pachachaca, lo que proporciona un contexto único para el estudio de las propiedades del suelo y el rendimiento agrícola en relación con la disponibilidad de recursos hídricos y las características geográficas de la región.

3.3. Población y muestra

A) Población.

La población del estudio estuvo formada por un total de 3840 plantas de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581. Estas plantas representaron el conjunto completo de individuos de la especie y variedad específica cultivada en el área de estudio, proporcionando una base amplia para el análisis de las variables experimentales.

B) Muestra.

La muestra seleccionada para el estudio incluyó un total de 160 plantas de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581. Esta muestra fue extraída de la población total, representando aproximadamente el 4.17% de la población original, suficiente para realizar un análisis detallado y obtener resultados significativos sobre el efecto de los abonos orgánicos.

C) Muestreo.

El muestreo realizado fue probabilístico aleatorio simple, asegurando que cada planta de la población tuviera la misma probabilidad de ser seleccionada para formar parte de la muestra. No se aplicó ninguna fórmula específica para el cálculo del tamaño muestral, debido a que la población total era relativamente pequeña. Además, se

realizaron estudios de normalidad y homogeneidad de varianza para garantizar la objetividad y validez de los resultados, asegurando que las conclusiones obtenidas fueran representativas y confiables (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

3.4. Instrumentos

En este trabajo de investigación, se utilizó la técnica de la observación directa. Esta técnica permitió registrar sistemáticamente información relevante sobre las plantas de maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581 y las propiedades del suelo, sin intervenir ni manipular el contexto en el que se desarrollaron. La observación directa facilitó la recopilación de datos precisos y objetivos, esenciales para evaluar el efecto de los abonos orgánicos en las variables de estudio. El instrumento utilizado para la recolección de datos fue una ficha de recolección de datos, diseñada específicamente para esta investigación. Esta ficha incluyó campos detallados para registrar las observaciones relacionadas con las propiedades físicas y químicas del suelo, el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz morado, y el rendimiento del cultivo. La ficha de recolección de datos fue estructurada para permitir una captura de información sistemática y uniforme, garantizando la consistencia y comparabilidad de los datos obtenidos durante el estudio.

3.5. Procesamientos

A) Diseño de la investigación.

La investigación aquí planteada tiene un diseño por bloques completamente aleatorizado (DBCA), cuyos tratamientos se detalla en la siguiente **Tabla**:

Tabla 2:

Tratamientos de abonos orgánicos para evaluar las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maíz morado (Zea mays L.) variedad PMV-581

Tratamiento	Detalle	Dosis	Frecuencia	Repeticiones
T1	Mallki	5 tn/ha	antes de la siembra	4
T2	Gallinaza	4 tn/ha	antes de la siembra	4
T3	Guano de isla	2 tn/ha	antes de la siembra	4
T4	Testigo	0 tn/ha	-	4
Total				16

La **Figura (1)** muestra el croquis de la unidad experimental, en la que se visualiza el distanciamiento entre planta, el distanciamiento entre surco y el número de plantas por unidad experimental

Figura 1:

Croquis de la unidad experimental

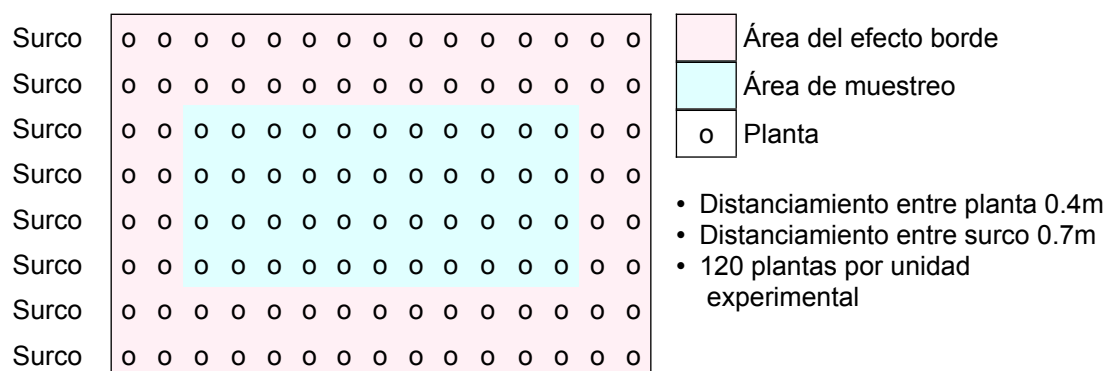


Tabla 3:

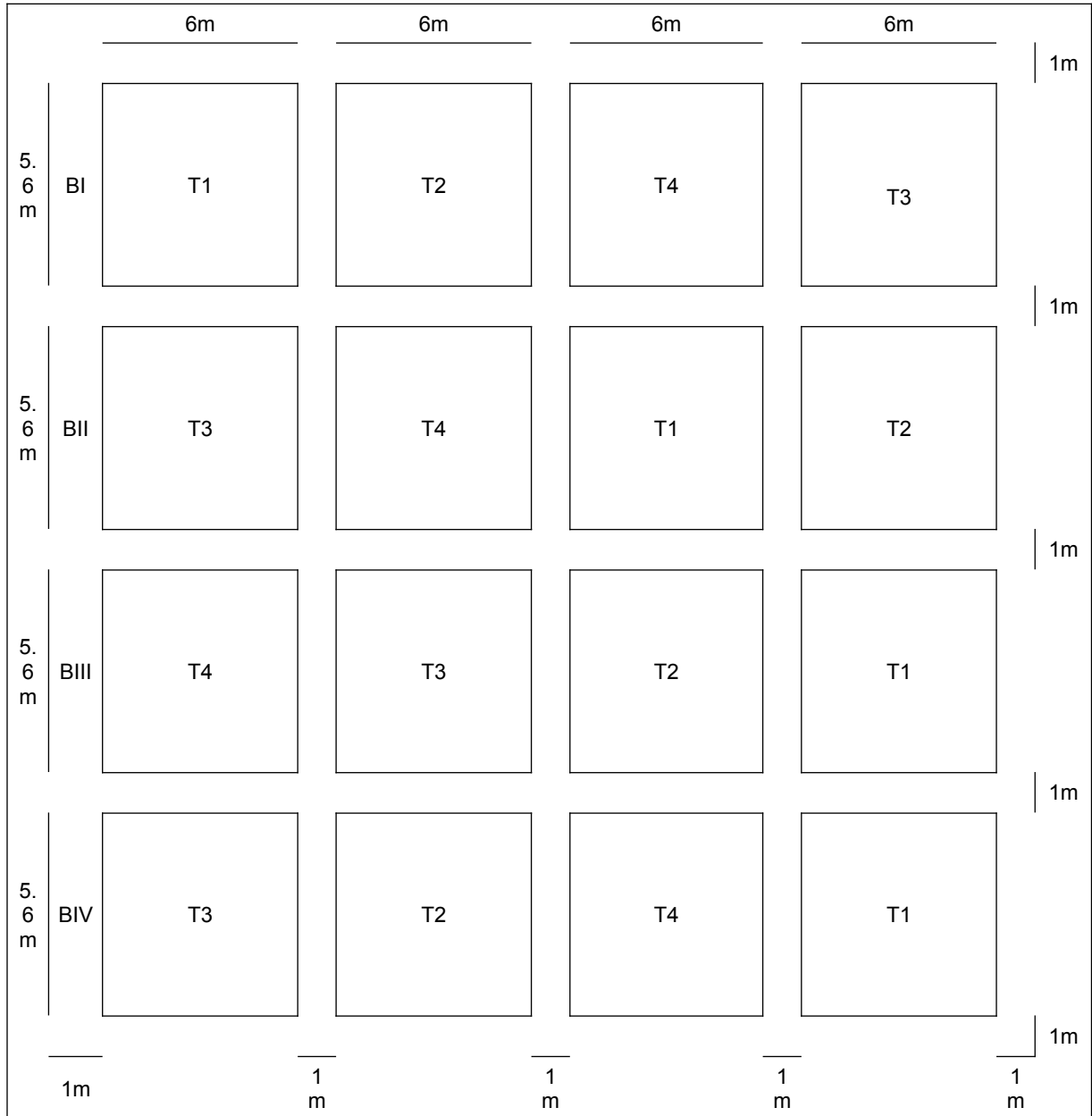
Detalles y dimensiones del área experimental

N.º	Detalle	Valor	Unidad
CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL			
1	Distancia entre planta (horizontal)	0.4	m
2	Distancia entre surcos (vertical)	0.7	m
3	Ancho del pasadizo	1	m
4	Golpes por surco de la unidad experimental (horizontal)	15	u
5	Número de surcos por unidad experimental (vertical)	8	u
6	Número de unidades experimentales por largo (horizontal)	4	u
7	Número de unidades experimentales por ancho (vertical)	4	u
8	Número de semillas por golpe	2	u
9	Numero de tratamientos (incluido testigo si existe)	4	u
10	Numero de repeticiones por tratamientos	4	u
11	Número de semillas por unidad experimental	240	u
12	Número de semillas por tratamiento	960	u
13	Número de golpes por unidad experimental	120	u
14	Largo de la unidad experimental (horizontal)	6	m
15	Ancho de la unidad experimental (vertical)	5.6	m
16	Área de la unidad experimental	33.6	m ²
CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL			
17	Largo del área experimental (horizontal)	29	m
18	Ancho del área experimental (vertical)	27.4	m
19	Número de unidades experimentales total	16	u
20	Área total	794.6	m ²
POBLACIÓN Y MUESTRA			
21	Población total	3840	u
22	Plantas para muestreo por unidad experimental (con efecto borde)	120	u
23	Número de muestra por unidad experimental (no probabilístico)	10	u
24	Muestra por tratamiento (4 repeticiones por tratamiento)	40	u
25	Muestra total	160	u

La **Tabla (3)** muestra los detalles y dimensiones del área experimental.

Figura 2:

Croquis del área experimental



Fuente: Elaboración propia

El área experimental está constituida por 16 unidades experimentales como se muestra en la **Figura (2)**

B) Procedimiento de la investigación.

1. **Muestreo inicial del suelo:** Antes de aplicar los abonos orgánicos, se realizó un muestreo del suelo en la parcela de estudio. Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 20cm y se realizaron análisis físicos y químicos para determinar las propiedades iniciales del suelo, tales como la textura, pH, contenido de nutrientes y capacidad de retención de agua, entre otros en el laboratorio de la Universidad Nacional La Molina.
2. **El cultivo de maíz morado (*Zea mays* L.).** Se llevó a cabo siguiendo un proceso detallado que comenzó con la preparación del terreno, que incluyó la limpieza de residuos, la labranza profunda y la incorporación de abonos orgánicos para enriquecer el suelo. Se seleccionó la variedad PMV-581 y las semillas se trataron para protegerlas de enfermedades y plagas. La siembra se realizó manualmente con una densidad adecuada, sembrando a una profundidad de 3-5 cm y manteniendo la distancia recomendada entre surcos y plantas. Durante el crecimiento, se proporcionaron riegos adecuados, se controlaron las malezas. También se monitorearon y controlaron plagas y enfermedades. La cosecha se llevó a cabo cuando las mazorcas alcanzaron la madurez fisiológica. Las mazorcas se secaron para reducir su contenido de humedad y se almacenaron en condiciones adecuadas para evitar plagas y moho.
3. **Aplicación de los abonos orgánicos:** Se aplicaron los diferentes tipos de abonos orgánicos de acuerdo con los tratamientos establecidos en el diseño experimental. Se aseguraron de aplicar las dosis de Mallki a 5 tn/ha, Gallinaza a 4 tn/ha y Guano de isla a 2 tn/ha, según las recomendaciones específicas de cada tipo de abono orgánico y la necesidad nutricional del maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581.
4. **Monitoreo y seguimiento:** Después de la aplicación de los abonos orgánicos, se llevó a cabo el monitoreo del cultivo durante el todo el periodo de crecimiento que

permitió que los abonos se descompusieran y se mezclaran con el suelo. Después de este tiempo, se realizó muestra del suelo nuevamente para medir las propiedades físicas y químicas de interés formuladas en este trabajo de investigación.

5. **Análisis de datos:** Una vez recolectado los datos, se analizaron dichos datos utilizando métodos estadísticos apropiados para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos de abonos orgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo, las cuales se detallan en el apartado Resultados y discusión.

C) Procesamiento estadístico.

El procesamiento estadístico del estudio se abordará en dos etapas diferenciadas para garantizar un análisis exhaustivo de los datos.

En la primera etapa, se empleará la estadística descriptiva, cuyo propósito es resumir y organizar la información de manera que permita visualizar las principales características de los datos recolectados. Para ello, se elaborarán **Tablas** de frecuencias que mostrarán la distribución de los valores obtenidos en cada variable, proporcionando una visión clara de la frecuencia con la que se presentan ciertos resultados. Estas **Tablas** estarán acompañadas de representaciones gráficas (como histogramas, gráficos de barras o diagramas de dispersión), lo que facilitará una interpretación visual de las tendencias observadas. Además, se calcularán las medidas de tendencia central, siendo el promedio (media aritmética) la principal, para describir el valor típico o central de los datos. Asimismo, se estimarán las medidas de dispersión, como la varianza y la desviación estándar, las cuales indicarán el grado de variabilidad o dispersión de los datos alrededor del promedio. Este análisis descriptivo se llevará a cabo utilizando las herramientas informáticas Excel y RStudio, que permitirán tanto el procesamiento de los datos como la generación de gráficos y estadísticas de forma eficiente.

En la segunda etapa, se procederá con el análisis inferencial, cuyo objetivo es hacer generalizaciones o inferencias a partir de los datos de la muestra hacia la población. Para ello, se utilizará el Análisis de Varianza (ANOVA), una técnica estadística que permite comparar las medias de tres o más grupos o categorías para determinar si existen diferencias significativas entre ellas. Este análisis es crucial cuando se quiere evaluar el impacto de diferentes tratamientos o condiciones experimentales. Posteriormente, se aplicará la prueba de Tukey, una herramienta complementaria del ANOVA que se utiliza para identificar entre qué pares de grupos existen diferencias significativas cuando el ANOVA indica que al menos una diferencia es significativa. Ambas pruebas se realizarán con un nivel de confianza del 5% ($\alpha = 0.05$), lo que significa que se aceptará un margen de error del 5% en la toma de decisiones, garantizando un alto nivel de confiabilidad en los resultados.

3.6. Análisis de datos

El análisis de datos se realizó siguiendo un enfoque meticuloso y estructurado para evaluar los efectos de los abonos orgánicos en las propiedades físicas y químicas del suelo, así como en el rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581. El procedimiento incluyó las siguientes etapas:

1. Recopilación de datos: Los datos se recopilaron sistemáticamente utilizando la ficha de recolección de datos durante los diferentes muestreos del suelo y el seguimiento del crecimiento de las plantas. Estos datos incluían mediciones de la textura, pH, contenido de nutrientes, capacidad de retención de agua del suelo, y otros parámetros relevantes.
2. Ingreso y organización de datos: Una vez recopilados, los datos se ingresaron en una base de datos estructurada, asegurando la correcta codificación y organización para facilitar su posterior análisis.
3. Análisis estadístico: Se utilizaron métodos estadísticos apropiados para analizar los datos. El análisis incluyó:

- Análisis de varianza (ANOVA): Para determinar si existían diferencias significativas en las propiedades del suelo y el rendimiento del maíz entre los diferentes tratamientos de abonos orgánicos. Este análisis permitió identificar las variaciones entre grupos y evaluar el impacto de cada tipo de abono.
 - Pruebas posterior al análisis de varianza: En caso de que el ANOVA indicara diferencias significativas, se llevaron a cabo la prueba posterior al análisis de varianza de Tukey, para identificar específicamente qué tratamientos diferían entre sí.
4. Interpretación de resultados: Los resultados estadísticos se interpretaron en función de los objetivos del estudio. Se identificaron y discutieron las diferencias significativas observadas entre los tratamientos de abonos orgánicos en cuanto a las propiedades físicas y químicas del suelo y el rendimiento del cultivo de maíz morado.

3.7. Consideraciones éticas

El uso responsable de productos químicos y sustancias fue prioritario en la investigación agrícola, donde se siguieron las buenas prácticas agrícolas para el manejo de pesticidas. Se garantizó su aplicación de manera segura, minimizando así cualquier impacto negativo potencial en el medio ambiente y la salud humana, cumpliendo rigurosamente con las regulaciones y restricciones establecidas. En cuanto a la transparencia y honestidad en la comunicación de resultados experimentales, los investigadores se esforzaron por presentar los hallazgos de manera objetiva y precisa, evitando cualquier sesgo o manipulación de datos. Esto se consideró crucial para mantener la integridad científica y fomentar la confianza tanto en la comunidad científica como entre los agricultores y el público en general.

V. Resultados y discusión

4.1. Resultados

4.1.1. Propiedades físicas del suelo

A) Textura de suelo.

i. Arena (%)

Tabla 4:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Arena (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

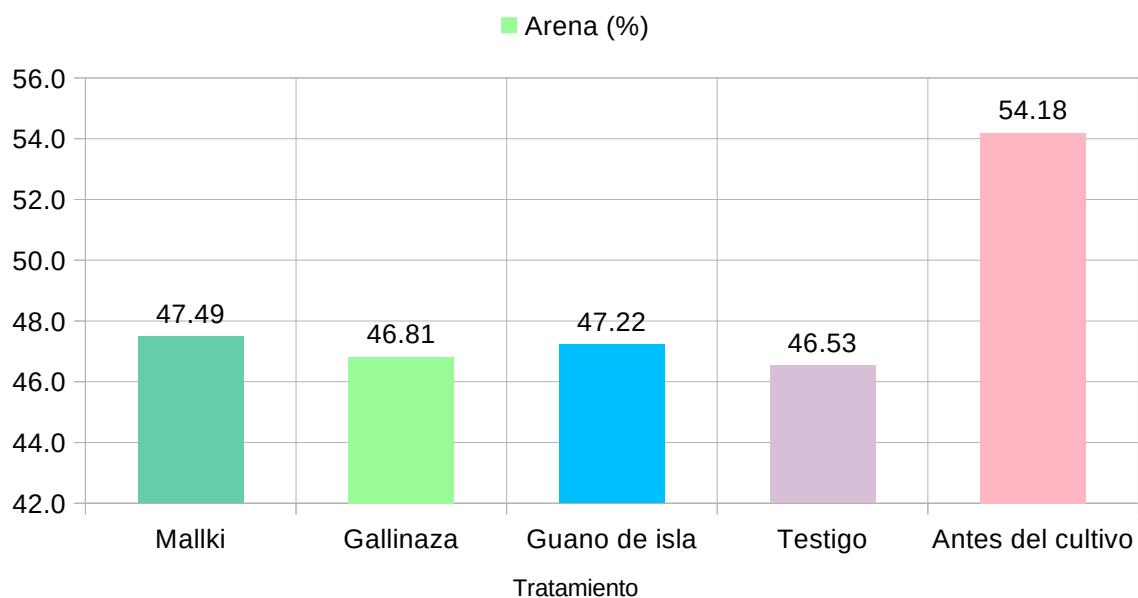
Arena (%)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	47	47	47	45	56	
Muestra 2	48.5	45.56	47.45	46.87	54.46	
Muestra 3	46.96	47.87	47.21	47.72	52.08	
Suma	142.46	140.43	141.66	139.59	162.54	726.68
Promedio	47.49	46.81	47.22	46.53	54.18	48.45
Desv. Est.	0.878	1.167	0.225	1.392	1.974	3.174

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (4)** y **Figura (3)** muestran los datos recopilados del contenido de Arena (%) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo antes del cultivo muestra el mayor porcentaje de arena, con un promedio del 54.18%. Le sigue el suelo tratado con Mallki, con un porcentaje de arena de 47.49%. En tercer lugar se encuentra el suelo tratado con Guano de Isla, con un promedio de arena del 47.22%. Tanto el suelo tratado con Gallinaza como el suelo sin tratamiento, o Testigo, presentan porcentajes similares de arena, con valores de 46.81% y 46.53%, respectivamente.

Figura 3:

Promedios del contenido de Arena (%) del suelo tratados con abonos orgánicos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Arena (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.115	2	0.058	0.029	0.972	NS
Tratamientos	124.984	4	31.246	15.706	0.001	**
Error	15.915	8	1.989			
Total	141.014	14				
CV(%)	2.911				Prom.	48.446

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

** : Altamente significativo

La **Tabla (5)** presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Arena (%) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el Valor P es de 0.001 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de Arena (%), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Arena (%).

Tabla 6:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Arena (%) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (%)	grupo
Antes del cultivo	54.18	a
Mallki	47.49	b
Guano de isla	47.22	b
Gallinaza	46.81	b
Testigo	46.53	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla (6)** presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de Arena (%) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de arena en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. El suelo antes del cultivo presenta el valor promedio más alto de arena (54.18%) y se clasifica en el grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre este tratamiento y los demás. Mallki, Guano de isla, Gallinaza y el Testigo tienen valores promedio de arena ligeramente más bajos (47.49%, 47.22%, 46.81% y 46.53% respectivamente) y se asignan al grupo "b". Estos resultados sugieren que el suelo antes del cultivo tiene el mayor contenido de arena, seguido por Mallki, Guano de isla, Gallinaza y el Testigo, todos los cuales muestran valores similares en esta propiedad.

ii. Limo (%)

Tabla 7:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Limo (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

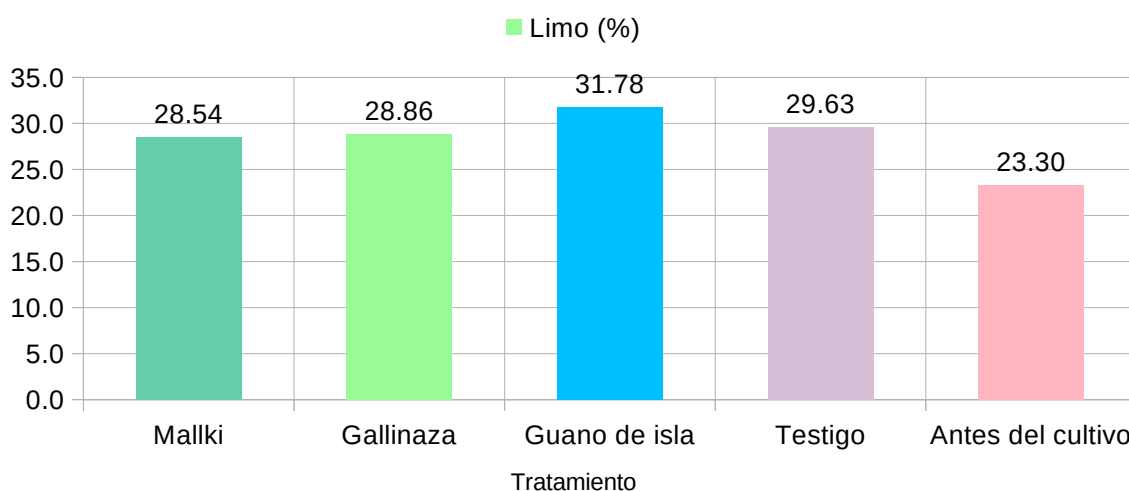
Limo (%)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	29	29	31	31	25	
Muestra 2	27.63	28.44	31.12	29.52	19.5	
Muestra 3	28.98	29.15	33.22	28.36	25.39	
Suma	85.61	86.59	95.34	88.88	69.9	426.32
Promedio	28.54	28.86	31.78	29.63	23.30	28.42
Desv. Est.	0.785	0.374	1.249	1.323	3.293	3.244

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (7)** y **Figura (4)** muestran los datos recopilados del contenido de Limo (%) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Guano de Isla registra el mayor porcentaje de limo, con un promedio del 31.78%. Le sigue el suelo tratado con Gallinaza, con un promedio de limo del 28.86%. En tercer lugar se encuentra el suelo sin tratamiento, o Testigo, con un porcentaje de limo de 29.63%. El suelo tratado con Mallki alcanza un promedio de limo del 28.54%, mientras que el suelo antes del cultivo muestra el menor porcentaje de limo, con un valor de 23.30%.

Figura 4:

Promedios del contenido de Limo (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 8:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Limo (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	10.418	2	5.209	2.147	0.179	NS
Tratamientos	117.541	4	29.385	12.113	0.002	**
Error	19.407	8	2.426			
Total	147.366	14				
CV(%)	5.480				Prom.	28.421

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo; ** : Altamente significativo

La **Tabla (8)** presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Limo (%) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.002 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de Limo (%), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Limo (%).

Tabla 9:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Limo (%) del suelo tratado con abonos orgánicos.

Tratamiento	Promedio (%)	grupo
Guano de isla	31.78	a
Testigo	29.63	a
Gallinaza	28.86	a
Mallki	28.54	a
Antes del cultivo	23.30	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla (9)** presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de Limo (%) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de limo en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. Guano de isla tiene el contenido promedio más alto de limo (31.78%) y se clasifica en el grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre este tratamiento y los demás. El Testigo, Gallinaza y Mallki muestran valores promedio de limo ligeramente más bajos (29.63%, 28.86% y 28.54% respectivamente) y se asignan al mismo grupo "a". El suelo antes del cultivo tiene el contenido promedio más bajo de limo (23.30%) y se clasifica en un grupo separado "b". Estos resultados sugieren que Guano de isla tiene el mayor contenido de limo, seguido por el Testigo, Gallinaza y Mallki, mientras que el suelo antes del cultivo muestra el contenido más bajo.

iii. Arcilla (%)

Tabla 10:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Arcilla (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Arcilla (%)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	24	24	22	24	19	
Muestra 2	25.33	22.37	21.64	24.15	20.41	
Muestra 3	25.58	23.65	23.79	24.58	23.09	
Suma	74.91	70.02	67.43	72.73	62.49	347.58
Promedio	24.97	23.34	22.48	24.24	20.83	23.17
Desv. Est.	0.849	0.858	1.152	0.301	2.077	1.803

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (10)** y **Figura (5)** muestran los datos recopilados del contenido de Arcilla (%) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Mallki exhibe el mayor porcentaje de arcilla, con un promedio del 24.97%. Le sigue el suelo sin tratamiento, o Testigo, con un porcentaje de arcilla de 24.24%. En tercer lugar se encuentra el suelo tratado con Gallinaza, con un promedio de arcilla del 23.34%. El suelo tratado con Guano de Isla alcanza un promedio de arcilla del 22.48%, mientras que el suelo antes del cultivo muestra el menor porcentaje de arcilla, con un valor de 20.83%.

Figura 5:

Promedios del contenido de Arcilla (%) del suelo tratados con abonos orgánicos

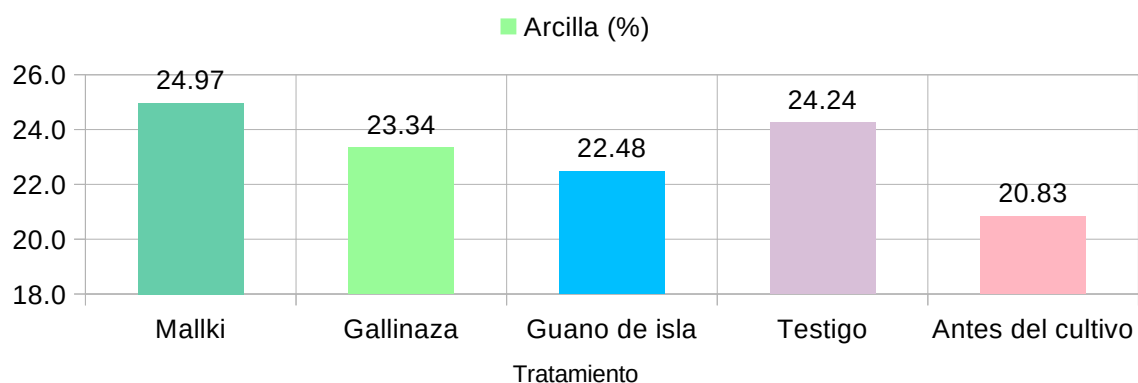


Tabla 11:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Arcilla (%) del suelo tratados con abonos orgánicos

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	7.070	2	3.535	3.871	0.067	NS
Tratamientos	31.118	4	7.779	8.518	0.006	**
Error	7.307	8	0.913			
Total	45.494	14				
CV(%)	4.124				Prom.	23.172

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

** : Altamente significativo

La **Tabla** (11) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Arcilla (%) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.006 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de Arcilla (%), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Arcilla (%).

Tabla 12:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Arcilla (%) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (%)	grupo
Mallki	24.97	a
Testigo	24.24	a
Gallinaza	23.34	ab
Guano de isla	22.48	ab
Antes del cultivo	20.83	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (12) presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de Arcilla (%) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de arcilla muestra variaciones significativas. Mallki y el Testigo tienen los contenidos promedio más altos de arcilla (24.97% y 24.24% respectivamente) y se clasifican en el grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre estos tratamientos. Gallinaza y Guano de isla tienen valores promedio de arcilla ligeramente

más bajos (23.34% y 22.48% respectivamente) y se agrupan juntos en el grupo "ab". El suelo antes del cultivo tiene el contenido promedio más bajo de arcilla (20.83%) y se asigna a un grupo separado "b". Estos resultados sugieren que Mallki y el Testigo tienen los mayores contenidos de arcilla, seguidos por Gallinaza y Guano de isla, mientras que el suelo antes del cultivo muestra el contenido más bajo en esta propiedad.

iv. Clase textural (ppm)

El suelo analizado para el estudio "Efecto de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas del suelo y en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581, Quitasol - Abancay 2023" revela una textura franco arenosa antes del cultivo, y después del cultivo es un suelo Franco para los diferentes tratamientos tales como: Guano de isla, Gallinaza, Testigo y Mallki. Esta composición sugiere una combinación equilibrada de partículas de tamaño medio y arena, lo que podría facilitar la retención de humedad y nutrientes mientras proporciona una adecuada aireación para el crecimiento óptimo del maíz morado.

B) Estructura del suelo.

Tabla 13:

Estructura del suelo tratados con abonos orgánicos

Suelo	Tratamiento	Estructura del suelo
Antes del cultivo	Sin tratamiento	Granular
	Mallki	Migajosa
Después del cultivo	Gallinaza	Migajosa
	Guano de isla	Migajosa
	Testigo	Granular

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla** (13) muestra la estructura del suelo tratados con abonos orgánicos antes del cultivo y después del cultivo en la que se muestra que el suelo sin tratamiento exhibe una estructura granular, mientras que aquellos tratados con gallinaza y guano de isla muestran una estructura más migajosa. Por otro lado, el tratamiento testigo presenta una estructura granular similar al suelo sin tratar, lo que sugiere que no hay un efecto significativo en la estructura del suelo con este tratamiento en particular.

C) Porosidad.

Tabla 14:

Porosidad del suelo tratados con abonos orgánicos

Suelo	Tratamiento	Porosidad (%)
Antes del cultivo	Sin tratamiento	33
	Mallki	35
Después del cultivo	Gallinaza	35
	Guano de isla	35
	Testigo	33

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla** (14) muestra la Porosidad del suelo tratados con abonos orgánicos tratados con abonos orgánicos antes del cultivo y después del cultivo en la que se muestra que el tratamiento con Mallki, Gallinaza y Guano de isla muestra un incremento de la porosidad, alcanzando todos un valor de 35%, comparado con el grupo de control sin tratamiento y el testigo, ambos con una porosidad de 33%. Esto sugiere que los abonos orgánicos aplicados pueden tener un efecto positivo en la porosidad del suelo, lo que podría ser beneficioso para su estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes.

4.1.2. Propiedades químicas del suelo

A) Potencial de hidrógeno (pH).

Tabla 15:

Datos recopilados y principales estadísticos de la propiedad pH del suelo tratados con abonos orgánicos.

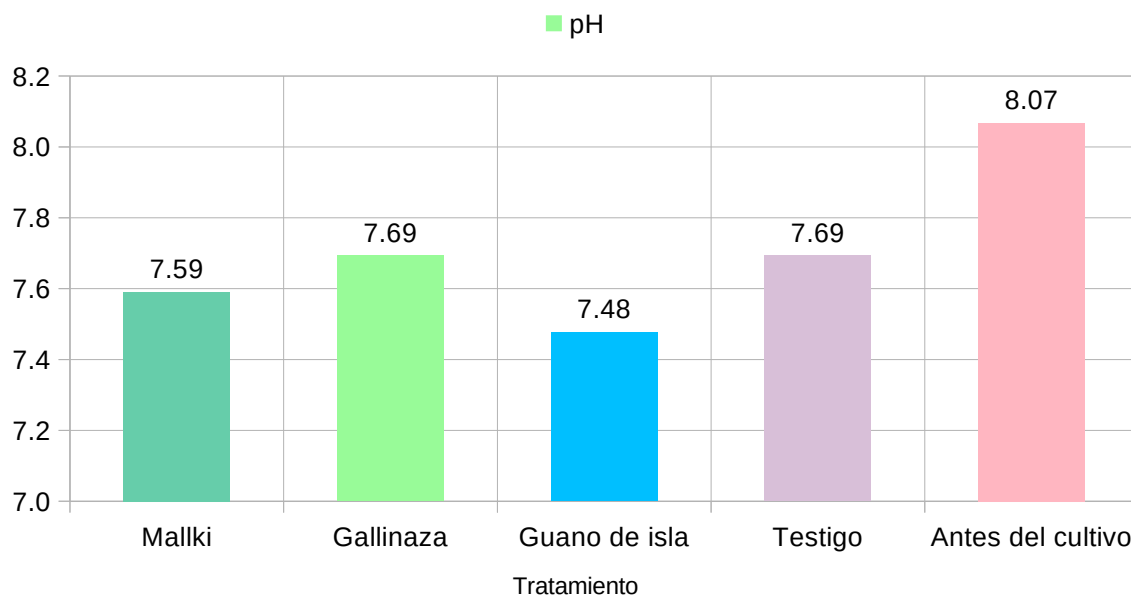
pH	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	7.66	7.71	7.51	7.8	8.2	
Muestra 2	7.55	7.85	7.43	7.6	8.08	
Muestra 3	7.56	7.52	7.49	7.68	7.93	
Suma	22.77	23.08	22.43	23.08	24.2	115.56
Promedio	7.59	7.69	7.48	7.69	8.07	7.70
Desv. Est.	0.061	0.166	0.042	0.101	0.137	0.226

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla** (15) y **Figura** (6) muestran los datos recopilados de la propiedad pH del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que El suelo antes del cultivo exhibe el mayor nivel de pH, con un promedio de 8.07 (Moderadamente alcalino). Le siguen el suelo tratado con Gallinaza y el suelo sin tratamiento, ambos con un pH de 7.69 (Ligeramente alcalino). En tercer lugar se encuentra el suelo tratado con Mallki, con un pH de 7.59 (Ligeramente alcalino). El suelo tratado con Guano de Isla registra el menor nivel de pH, con un promedio de 7.48 (Ligeramente alcalino).

Figura 6:

Promedios del contenido de pH del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 16:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza de la propiedad pH del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.049	2	0.025	2.678	0.129	NS
Tratamientos	0.592	4	0.148	16.026	0.001	**
Error	0.074	8	0.009			
Total	0.716	14				
CV(%)	1.248				Prom.	7.704

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

** : Altamente significativo

La **Tabla** (16) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias de la propiedad pH del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el Valor P es de 0.001 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de pH, esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a pH.

Tabla 17:

Prueba de Tukey (5% de confianza) de la propiedad pH del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio	grupo
Antes del cultivo	8.07	a
Gallinaza	7.69	b
Testigo	7.69	b
Mallki	7.59	b
Guano de isla	7.48	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (17) presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios de la propiedad pH del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el pH del suelo antes del cultivo (8.07- (Medianamente alcalino)) es significativamente mayor que el pH del suelo tratado con Mallki (7.59 (Ligeramente alcalino)), Guano de isla (7.48- (Ligeramente alcalino)), Gallinaza (7.69) y Testigo (7.69- (Ligeramente alcalino)). No hay diferencias en el pH del suelo entre los tratamientos Gallinaza, Testigo y Mallki.

B) Conductividad eléctrica (dS/m).

Tabla 18:

Datos recopilados y principales estadísticos de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Conductividad eléctrica (dS/m)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	0.35	0.49	0.79	0.41	0.31	
Muestra 2	0.48	0.54	1.01	0.5	0.37	
Muestra 3	0.36	0.77	0.91	0	0.63	
Suma	1.19	1.8	2.71	0.91	1.31	7.92
Promedio	0.40	0.60	0.90	0.30	0.44	0.53
Desv. Est.	0.072	0.149	0.110	0.267	0.172	0.260

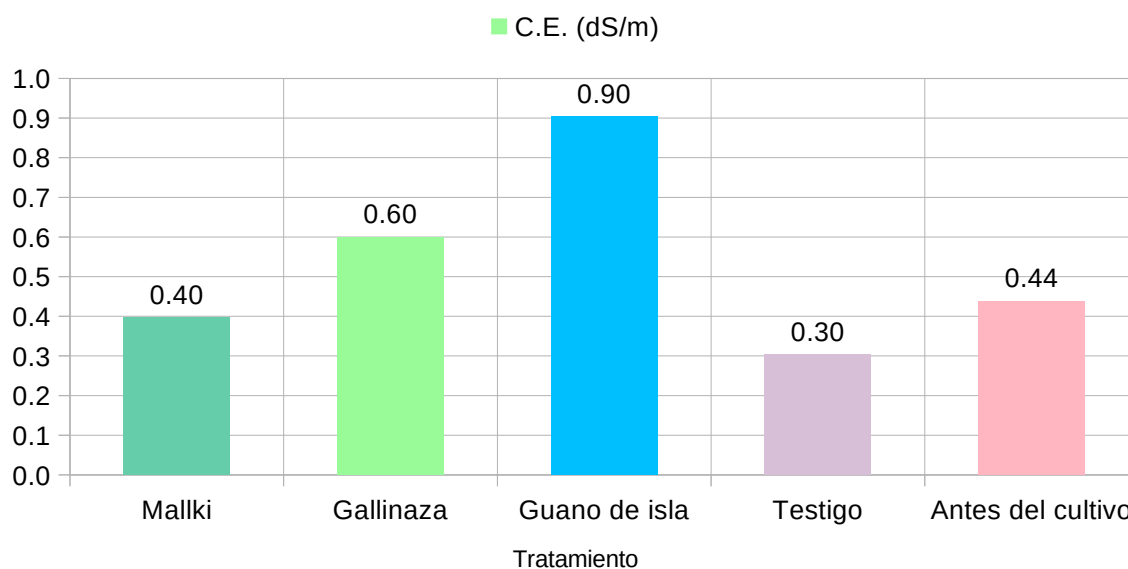
Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla** (18) y **Figura** (7) muestran los datos recopilados de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Guano de Isla muestra el mayor nivel de conductividad eléctrica, con un promedio de 0.90 dS/m (Baja). Le sigue el suelo tratado

con Gallinaza, con un promedio de 0.60 dS/m (Baja). En tercer lugar se encuentra el suelo antes del cultivo, con una conductividad eléctrica de 0.44 dS/m (Baja). El suelo tratado con Mallki registra un promedio de 0.40 dS/m (Baja), mientras que el suelo sin tratamiento, o Testigo, exhibe el menor nivel de conductividad eléctrica, con un valor de 0.30 dS/m (Baja).

Figura 7:

Promedios de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratados con abonos orgánicos.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 19:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Ft	Sig.
Muestra	0.031	2	0.015	0.489	0.631	4.459	NS
Tratamientos	0.666	4	0.166	5.320	0.022	3.838	*
Error	0.250	8	0.031				
Total	0.946	14					
CV(%)	33.481				Prom.	0.528	

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

* : Significativo

La **Tabla** (19) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.022 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es significativo entre las medias de Conductividad eléctrica (dS/m), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Conductividad eléctrica (dS/m).

Tabla 20:

Prueba de Tukey (5% de confianza) de la propiedad Conductividad eléctrica (dS/m) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (dS/m)	grupo
Guano de isla	0.90	a
Gallinaza	0.60	ab
Antes del cultivo	0.44	b
Mallki	0.40	b
Testigo	0.30	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (20) muestra los resultados de un análisis de Análisis múltiple de Tukey (95%) para la propiedad de conductividad eléctrica (Conductividad eléctrica) del suelo tratado con diferentes tipos de abonos orgánicos (Guano de isla, Gallinaza, Mallki) junto con un grupo de control (Testigo) y el suelo antes del cultivo, en ella se observa que el Guano de isla (0.9033 dS/m - (Baja)) tiene el valor promedio más alto y se clasifica en el grupo "a". Gallinaza (0.6000 dS/m - (Baja)) se encuentra en un grupo ligeramente más bajo que Guano de isla y se etiqueta como "ab". El suelo antes del cultivo (0.4367 dS/m), Mallki (0.3967 dS/m), y el Testigo (0.3033 dS/m - (Baja)) tienen valores promedio más bajos, pero no son significativamente diferentes entre sí, ya que comparten la misma letra "b".

C) Carbonato de calcio (CaCO₃) (%).

Tabla 21:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Carbonato de calcio (CaCO₃) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

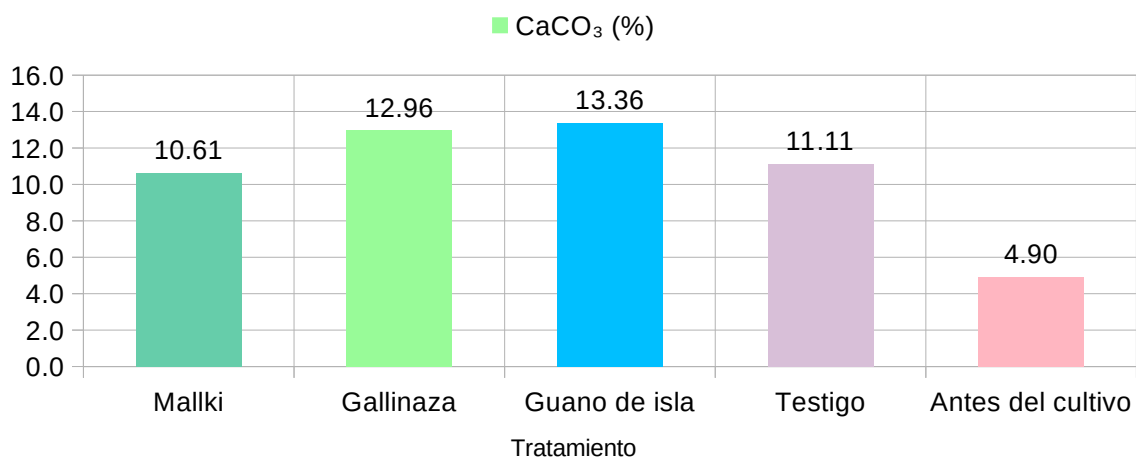
Carbonato de calcio (CaCO ₃) (%)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	11.18	12.97	13.41	11.62	5.37	
Muestra 2	10.77	13.34	13.29	11.72	5.94	
Muestra 3	9.87	12.58	13.38	9.99	3.41	
Suma	31.82	38.89	40.08	33.33	14.71	158.83
Promedio	10.61	12.96	13.36	11.11	4.90	10.59
Desv. Est.	0.670	0.380	0.062	0.971	1.327	3.210

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (21)** y **Figura (8)** muestran los datos recopilados del contenido de Carbonato de calcio (CaCO₃) (%) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Guano de Isla muestra el mayor porcentaje de CaCO₃, con un promedio del 13.36%. Le sigue el suelo tratado con Gallinaza, con un promedio de CaCO₃ del 12.96%. En tercer lugar se encuentra el suelo sin tratamiento, o Testigo, con un porcentaje de CaCO₃ de 11.11%. El suelo tratado con Mallki registra un promedio de 10.61% de CaCO₃, mientras que el suelo antes del cultivo exhibe el menor porcentaje de CaCO₃, con un valor de 4.90%.

Figura 8:

Promedios del contenido de CaCO_3 (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 22:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de CaCO_3 (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	4.170	2	2.085	6.858	0.018	*
Tratamientos	137.698	4	34.424	113.246	0.000	**
Error	2.432	8	0.304			
Total	144.299	14				
CV(%)	5.207				Prom.	10.589

Fuente: Elaboración propia

* : Significativo

** : Altamente significativo

La **Tabla** (22) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de CaCO_3 (%) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.000 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de CaCO_3 (%), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a CaCO_3 (%).

Tabla 23:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de CaCO₃ (%) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (%)	grupo
Guano de isla	13.360	a
Gallinaza	12.963	ab
Testigo	11.110	bc
Mallki	10.607	c
Antes del cultivo	4.907	d

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla (23)** presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de CaCO₃ (%) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de carbonato de calcio (CaCO₃) en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos varía significativamente. Guano de isla muestra el mayor contenido promedio (13.360%), seguido por Gallinaza (12.963%) y el Testigo (11.110%). Mallki presenta un contenido promedio más bajo (10.607%), mientras que el suelo antes del cultivo exhibe el menor contenido promedio (4.907%). Estos resultados indican que Guano de isla y Gallinaza pueden ser tratamientos efectivos para aumentar el contenido de CaCO₃ en el suelo.

D) Materia orgánica (M.O.) (%).

Tabla 24:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Materia orgánica (M.O.) (%)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	3.19	3.12	2.99	3.32	3.15	
Muestra 2	3.15	3.3	3.33	3.25	3.2	
Muestra 3	3.55	3.14	3.06	3.24	3.33	
Suma	9.89	9.56	9.38	9.81	9.68	48.32
Promedio	3.30	3.19	3.13	3.27	3.23	3.22
Desv. Est.	0.220	0.099	0.180	0.044	0.091	0.135

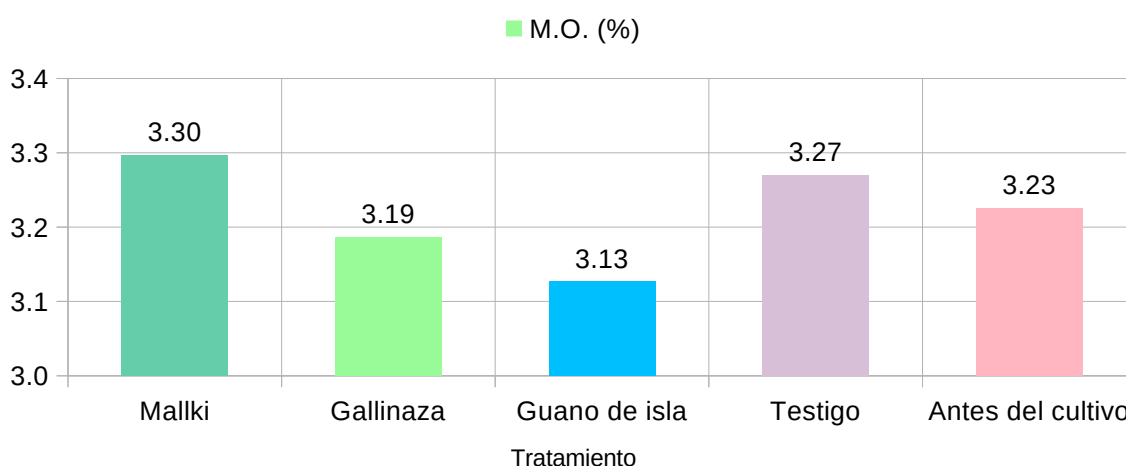
Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (24)** y **Figura (9)** muestran los datos recopilados del contenido de Materia orgánica (M.O.) (%) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol –

Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Mallki muestra el mayor porcentaje de materia orgánica (M.O.), con un promedio del 3.30% (Medio). Le sigue el suelo sin tratamiento, o Testigo, con un promedio de M.O. del 3.27% (Medio). En tercer lugar se encuentra el suelo antes del cultivo, con un porcentaje de M.O. de 3.23% (Medio). El suelo tratado con Gallinaza registra un promedio de 3.19% de M.O., mientras que con Guano de Isla exhibe el menor porcentaje de M.O., con un valor de 3.13% (Medio).

Figura 9:

Promedios del contenido de M.O. (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de M.O. (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.035	2	0.017	0.829	0.471	NS
Tratamientos	0.055	4	0.014	0.656	0.639	NS
Error	0.167	8	0.021			
Total	0.256	14				
CV(%)	4.481				Prom.	3.221

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

La **Tabla** (25) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de M.O. (%) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.64

mayor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico no existe diferencia entre las medias de M.O. (%), es decir los promedios de los tratamientos estadísticamente son iguales en cuanto a M.O. (%).

E) Fósforo (P) (ppm).

Tabla 26:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos .

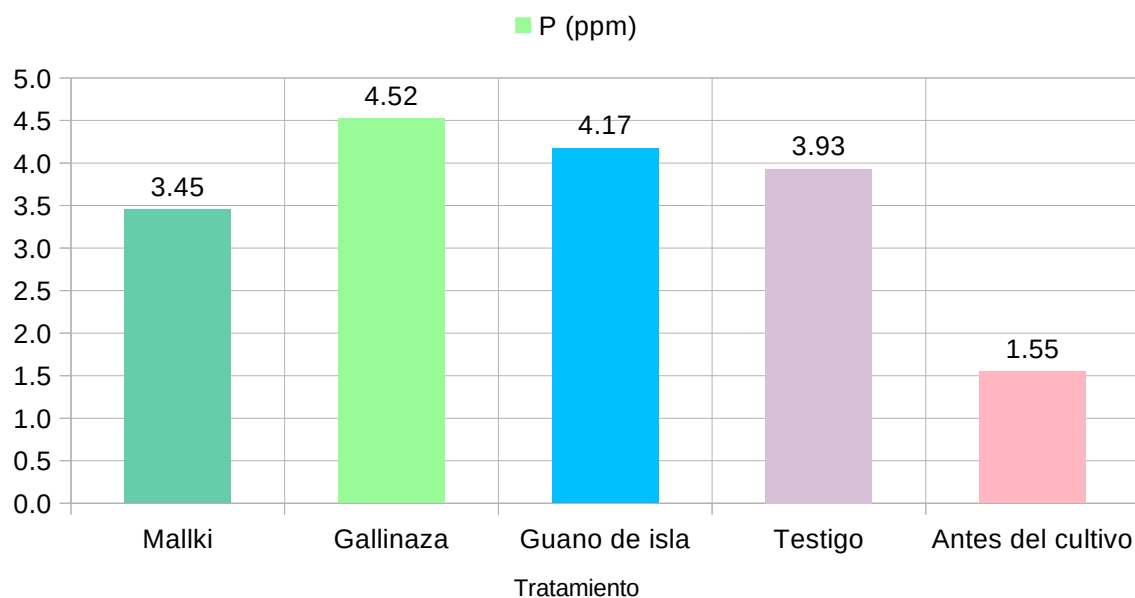
Fósforo (P) (ppm)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	4	4.8	4	3.3	0.8	
Muestra 2	3.5	4.34	4.22	5.44	2.87	
Muestra 3	2.86	4.43	4.3	3.04	0.97	
Suma	10.36	13.57	12.52	11.78	4.64	52.87
Promedio	3.45	4.52	4.17	3.93	1.55	3.53
Desv. Est.	0.571	0.244	0.155	1.317	1.149	1.293

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (26)** y **Figura (10)** muestran los datos recopilados del contenido de Fósforo (P) (ppm) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol, en ella se visualiza que El suelo tratado con Gallinaza muestra el mayor nivel de fósforo (P), con un promedio de 4.52 ppm. Le sigue el suelo tratado con Guano de Isla, con un promedio de P de 4.17 ppm. En tercer lugar se encuentra el suelo sin tratamiento, con un promedio de 3.93 ppm de fósforo. El suelo tratado con Mallki registra un promedio de 3.45 ppm de P, mientras que el suelo antes del cultivo exhibe el menor nivel de fósforo, con 1.547 ppm.

Figura 10:

Promedios del contenido de P (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 27:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de P (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	2.431	2	1.216	2.162	0.178	NS
Tratamientos	16.488	4	4.122	7.331	0.009	**
Error	4.498	8	0.562			
Total	23.417	14				
CV(%)	21.273				Prom.	3.525

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

** : Altamente significativo

La **Tabla** (27) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de P (ppm) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.009 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de P (ppm), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a P (ppm).

Tabla 28:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de P (ppm) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (ppm)	grupo
Gallinaza	4.52	a
Guano de isla	4.17	a
Testigo	3.93	a
Mallki	3.45	ab
Antes del cultivo	1.55	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla (28)** presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de P (ppm), en ella se observa que el contenido promedio de fósforo (P) en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. Gallinaza, Guano de isla y el Testigo presentan los valores promedio más altos de P, con 4.523 ppm, 4.173 ppm y 3.927 ppm respectivamente, y se clasifican en el mismo grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre ellos. Mallki tiene un contenido promedio de P ligeramente más bajo (3.453 ppm) y se ubica en un grupo diferente etiquetado como "ab". Por último, el suelo antes del cultivo exhibe el menor contenido promedio de P (1.547 ppm) y se asigna al grupo "b". Estos resultados sugieren que Gallinaza, Guano de isla y el Testigo pueden ser tratamientos efectivos para aumentar el contenido de P en el suelo en comparación con Mallki y el suelo antes del cultivo.

F) Potasio (K) (ppm).

Tabla 29:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos .

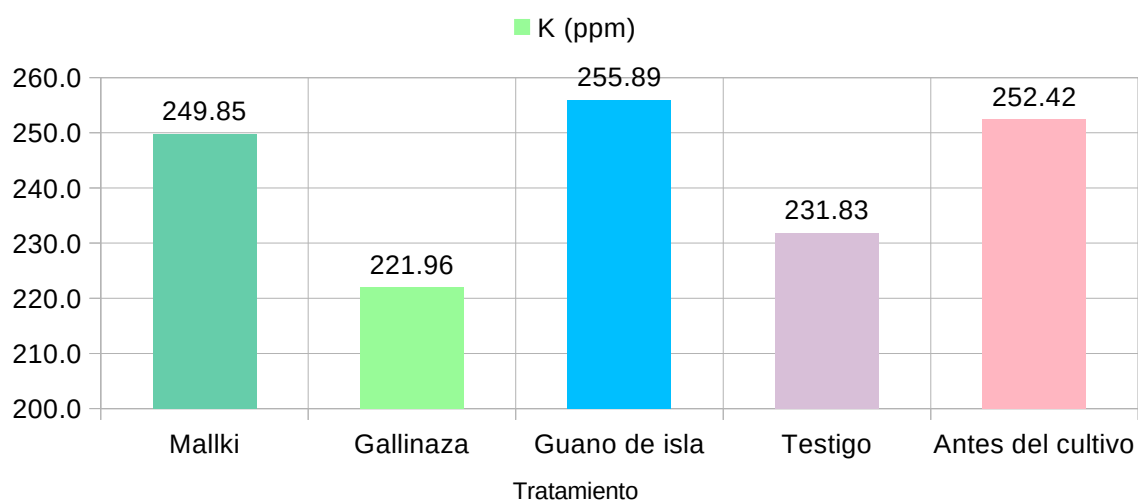
Potasio (K) (ppm)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	244	216	239	223	253	
Muestra 2	243.48	223.49	262.86	236.09	257.25	
Muestra 3	262.08	226.39	265.8	236.41	247.02	
Suma	749.56	665.88	767.66	695.5	757.27	3635.87
Promedio	249.85	221.96	255.89	231.83	252.42	242.39
Desv. Est.	10.592	5.361	14.698	7.652	5.136	15.779

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (29)** y **Figura (11)** muestran los datos recopilados del contenido de Potasio (K) (ppm) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Guano de Isla muestra el mayor nivel de potasio (K), con un promedio de 255.87 ppm. Le sigue el suelo antes del cultivo, con un promedio de K de 252.42 ppm. En tercer lugar se encuentra el suelo tratado con Mallki, con un promedio de 249.85 ppm de potasio. El suelo sin tratamiento, o Testigo, registra un promedio de 231.83 ppm de K, mientras que el suelo tratado con Gallinaza exhibe el menor nivel de potasio, con un promedio de 221.96 ppm.

Figura 11:

Promedios del contenido de K (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 30:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de K (ppm) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	430.864	2	215.432	3.805	0.069	NS
Tratamientos	2,602.052	4	650.513	11.491	0.002	**
Error	452.904	8	56.613			
Total	3,485.820	14				
CV(%)	3.104				Prom.	242.391

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

** : Altamente significativo

La **Tabla** (30) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de K (ppm) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.002 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de K (ppm), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a K (ppm).

Tabla 31:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de K (ppm) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (ppm)	grupo
Guano de isla	255.89	a
Antes del cultivo	252.42	a
Mallki	249.85	a
Testigo	231.83	ab
Gallinaza	221.96	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (31) presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de K (ppm) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de potasio (K) en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. Guano de isla, el suelo antes del cultivo y Mallki exhiben los valores promedio más altos de K, con 255.9 ppm, 252.4 ppm y 249.9 ppm respectivamente, y se clasifican en el mismo grupo "a", lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre ellos. Por otro lado, el Testigo tiene un contenido promedio de K ligeramente más bajo (231.8 ppm) y se asigna a un grupo diferente etiquetado como "ab". Finalmente, Gallinaza muestra el contenido promedio más bajo de K (222.0 ppm) y se clasifica en un grupo separado "b". Estos resultados indican que Guano de isla, el suelo antes del cultivo y Mallki pueden ser tratamientos efectivos para aumentar el contenido de K en el suelo en comparación con el Testigo y Gallinaza.

G) Nitrógeno (N) (%).

Tabla 32:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

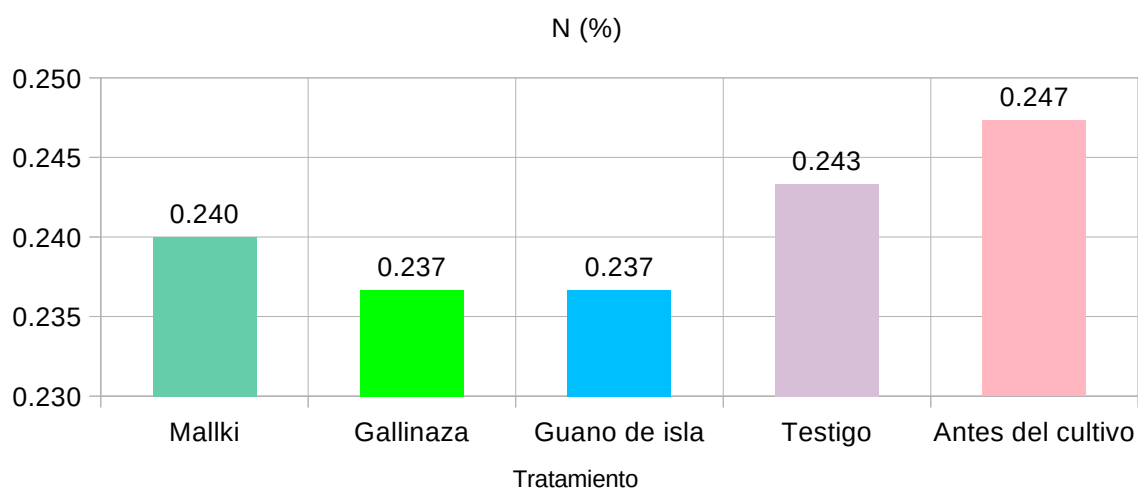
N (%)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	0.240	0.240	0.240	0.250	0.250	
Muestra 2	0.240	0.240	0.240	0.240	0.251	
Muestra 3	0.240	0.230	0.230	0.240	0.241	
Suma	0.72	0.71	0.71	0.73	0.74	3.61
Promedio	0.240	0.237	0.237	0.243	0.247	0.241
Desv. Est.	0.000	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (32)** y **Figura (12)** muestran los datos recopilados del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Mallki ha conseguido un promedio de N (%) igual a 0.24 % mientras que el suelo tratado con Gallinaza ha conseguido un promedio de N (%) de 0.24 %, luego el suelo tratado con Guano de isla 0.24 %, el suelo sin tratamiento (Testigo) 0.24 %, y el suelo Antes del cultivo 0.25 %.

Figura 12:

Promedios del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 33:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.0002	2	0.000	7.108	0.017	*
Tratamientos	0.0003	4	0.000	5.364	0.021	*
Error	0.0001	8	0.000			
Total	0.0005	14				
CV(%)	1.423				Prom.	0.241

Fuente: Elaboración propia

* : Significativo

La **Tabla** (33) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.021 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es significativo entre las medias de N (%), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a N (%).

Tabla 34:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Nitrógeno (N) (%) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (%)	grupo
Antes del cultivo	0.247	a
Testigo	0.243	ab
Mallki	0.240	ab
Gallinaza	0.237	b
Guano de isla	0.237	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (34) presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de Nitrógeno (N) (%). Antes del cultivo el suelo ha tenido mayor contenido de nitrógeno (0.2467%) y es significativamente diferente de los tratamientos con Gallinaza y Guano de isla (ambos con 0.2367%). Los tratamientos Testigo (0.2433%) y Mallki (0.2400%) no muestran diferencias significativas con ningún otro tratamiento. En resumen, Antes del cultivo el suelo tenía mayor contenido de nitrógeno, mientras que con

el tratamiento de Gallinaza y Guano de isla tienen los menores, con "Testigo" y "Mallki" en posiciones intermedias y no significativamente diferentes entre sí ni de los extremos.

H) Cationes cambiables

i. Calcio (Ca+2) (meq/100g)

Tabla 35:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Calcio (Ca+2) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

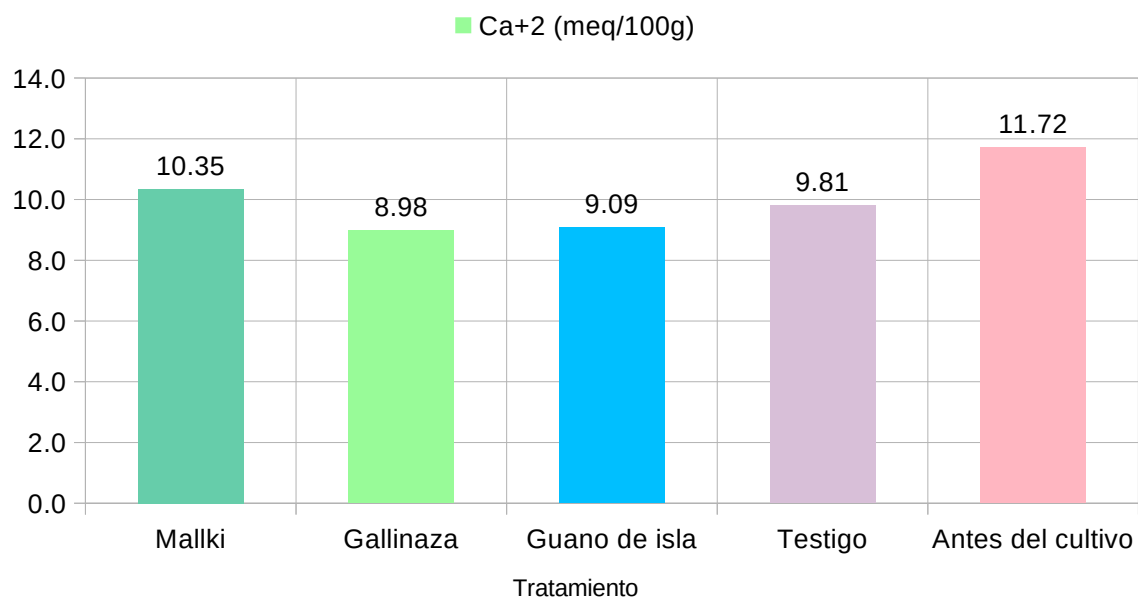
Calcio (Ca+2) (meq/100g)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	11.15	9.63	9.4	8.9	11.53	
Muestra 2	9.16	8.7	9.84	10.37	11.79	
Muestra 3	10.73	8.62	8.02	10.16	11.84	
Suma	31.04	26.95	27.26	29.43	35.16	149.84
Promedio	10.35	8.98	9.09	9.81	11.72	9.99
Desv. Est.	1.049	0.561	0.950	0.795	0.166	1.222

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla** (35) y **Figura** (13) muestran los datos recopilados del contenido de Calcio (Ca+2) (meq/100g) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo antes del cultivo muestra el mayor valor de calcio (Ca+2), con un promedio de 11.72 meq/100g. Le sigue el suelo tratado con Mallki, con un promedio de Ca+2 de 10.35 meq/100g. En tercer lugar se encuentra el suelo sin tratamiento, o Testigo, con un promedio de 9.81 meq/100g de Ca+2. El suelo tratado con Guano de Isla registra un promedio de 9.09 meq/100g de Ca+2, mientras que el suelo tratado con Gallinaza exhibe el menor valor de Ca+2, con un promedio de 8.98 meq/100g.

Figura 13:

Promedios del contenido de Ca+2 (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 36:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Ca+2 (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.156	2	0.078	0.108	0.899	NS
Tratamientos	14.939	4	3.735	5.154	0.024	*
Error	5.797	8	0.725			
Total	20.892	14				
CV(%)	8.522				Prom.	9.989

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

* : Significativo

La **Tabla** (36) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Ca+2 (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.024 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es significativo entre las medias de Ca+2 (meq/100g), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Ca+2 (meq/100g).

Tabla 37:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Ca+2 (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (meq/100g)	grupo
Antes del cultivo	11.72	a
Mallki	10.35	ab
Testigo	9.81	ab
Guano de isla	9.09	b
Gallinaza	8.98	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla (37)** presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de Ca+2 (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de calcio (Ca+2) en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. El suelo antes del cultivo presenta el valor promedio más alto de Ca+2 (11.720 meq/100g) y se clasifica en el grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre este tratamiento y los demás. Mallki y el Testigo tienen valores promedio de Ca+2 ligeramente más bajos (10.347 meq/100g y 9.810 meq/100g respectivamente) y se agrupan juntos en el grupo "ab". Guano de isla y Gallinaza muestran los contenidos promedio más bajos de Ca+2 (9.087 meq/100g y 8.983 meq/100g respectivamente) y se asignan a un grupo separado "b". Estos resultados sugieren que el suelo antes del cultivo tiene el mayor contenido de Ca+2, seguido por Mallki y el Testigo, y los más bajos son Guano de isla y Gallinaza.

ii. Magnesio (Mg+2) (meq/100g).

Tabla 38:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Magnesio (Mg+2) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

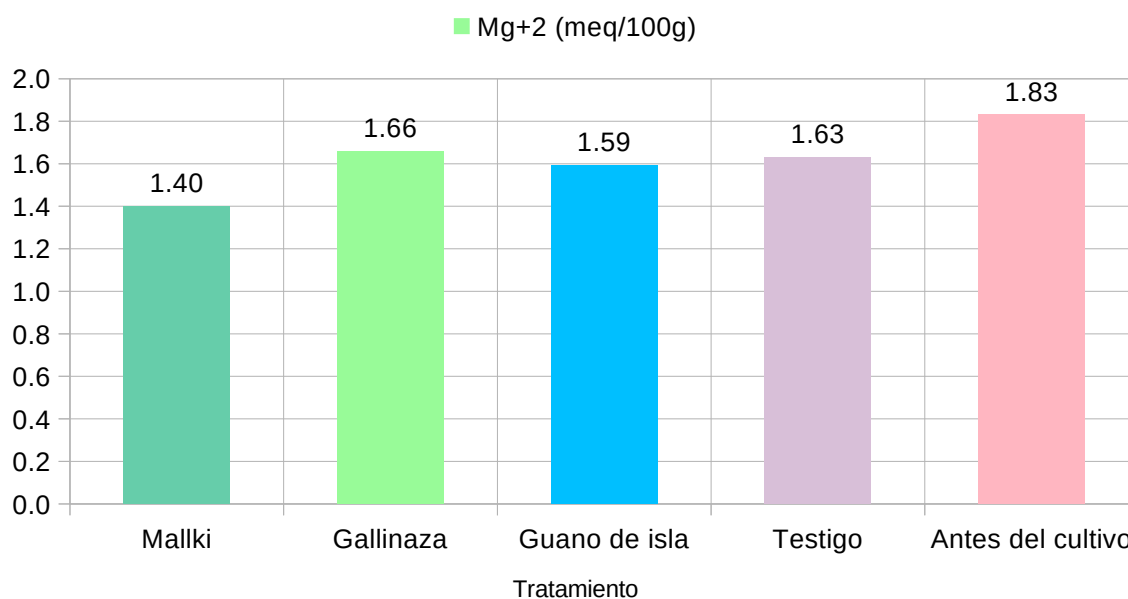
Magnesio (Mg+2) (meq/100g)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	1.48	1.63	1.66	1.86	1.79	
Muestra 2	1.34	1.64	1.48	1.42	1.71	
Muestra 3	1.38	1.71	1.64	1.61	1.99	
Suma	4.2	4.98	4.78	4.89	5.5	24.35
Promedio	1.40	1.66	1.59	1.63	1.83	1.62
Desv. Est.	0.072	0.044	0.099	0.221	0.144	0.181

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (38)** y **Figura (14)** muestran los datos recopilados del contenido de Magnesio (Mg^{+2}) (meq/100g) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo antes del cultivo muestra el mayor valor de magnesio (Mg^{+2}), con un promedio de 1.84 meq/100g. Le sigue el suelo tratado con Gallinaza, con un promedio de Mg^{+2} de 1.66 meq/100g. En tercer lugar se encuentra el suelo sin tratamiento, o Testigo, con un promedio de 1.63 meq/100g de Mg^{+2} . El suelo tratado con Guano de Isla registra un promedio de 1.59 meq/100g de Mg^{+2} , mientras que el suelo tratado con Mallki exhibe el menor valor de Mg^{+2} , con un promedio de 1.4 meq/100g.

Figura 14:

Promedios del contenido de Mg^{+2} (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Mg+2 (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.083	2	0.041	3.665	0.074	NS
Tratamientos	0.287	4	0.072	6.366	0.013	*
Error	0.090	8	0.011			
Total	0.459	14				
CV(%)	6.538				Prom.	1.623

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

* : Significativo

La **Tabla** (39) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Mg+2 (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.013 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es significativo entre las medias de Mg+2 (meq/100g), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Mg+2 (meq/100g).

Tabla 40:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Mg+2 (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (meq/100g)	grupo
Antes del cultivo	1.83	a
Gallinaza	1.66	ab
Testigo	1.63	ab
Guano de isla	1.59	ab
Mallki	1.40	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (40) presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de Mg+2 (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de magnesio (Mg+2) en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. El suelo antes del cultivo presenta el valor promedio más alto de Mg+2 (1.830 meq/100g) y se clasifica en el grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre este tratamiento y los demás.

Gallinaza, el Testigo y Guano de isla tienen valores promedio de Mg+2 ligeramente más bajos (1.660 meq/100g, 1.630 meq/100g y 1.593 meq/100g respectivamente) y se agrupan juntos en el grupo "ab". Mallki muestra el contenido promedio más bajo de Mg+2 (1.400 meq/100g) y se asigna a un grupo separado "b". Estos resultados sugieren que el suelo antes del cultivo tiene el mayor contenido de Mg+2, seguido por Gallinaza, el Testigo y Guano de isla, mientras que Mallki muestra el contenido más bajo en esta propiedad.

iii. Potasio (k+) (meq/100g)

Tabla 41:

Datos recopilados y principales estadísticos del contenido de Potasio (k+) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

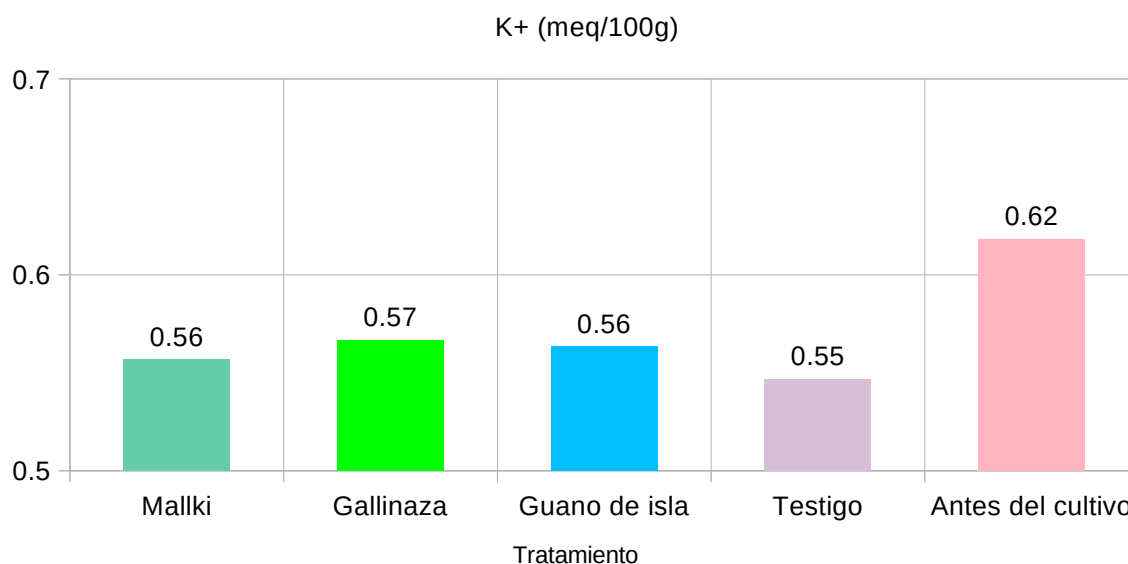
K+ (meq/100g)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	0.560	0.590	0.570	0.540	0.660	
Muestra 2	0.560	0.560	0.560	0.540	0.646	
Muestra 3	0.550	0.550	0.560	0.560	0.549	
Suma	1.67	1.7	1.69	1.64	1.86	8.56
Promedio	0.56	0.57	0.56	0.55	0.62	0.57
Desv. Est.	0.006	0.021	0.006	0.012	0.060	0.036

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla (41)** y **Figura (15)** muestran los datos recopilados del contenido de Potasio (k+) (meq/100g) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Mallki ha conseguido un promedio de K+ (meq/100g) igual a 0.56 meq/100g mientras que el suelo tratado con Gallinaza ha conseguido un promedio de K+ (meq/100g) de 0.57 meq/100g, luego el suelo tratado con Guano de isla 0.56 meq/100g, el suelo sin tratamiento (Testigo) 0.55 meq/100g, y el suelo Antes del cultivo 0.62 meq/100g.

Figura 15:

Promedios del contenido de Potasio (K^+) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 42:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Potasio (K^+) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.002	2	0.001	1.503	0.279	NS
Tratamientos	0.009	4	0.002	2.997	0.087	NS
Error	0.006	8	0.001			
Total	0.018	14				
CV(%)	4.894				Prom.	0.570

Fuente: Elaboración propia

NS : No significativo

La **Tabla** (42) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Potasio (K^+) (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.087 mayor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico no existe diferencia entre las medias de K^+ (meq/100g), es decir los promedios de los tratamientos estadísticamente son iguales en cuanto a K^+ (meq/100g).

iv. Sodio (Na+) (meq/100g)

Tabla 43:

Datos recopilados del análisis de suelo y principales estadísticos del contenido de Sodio (Na+) (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

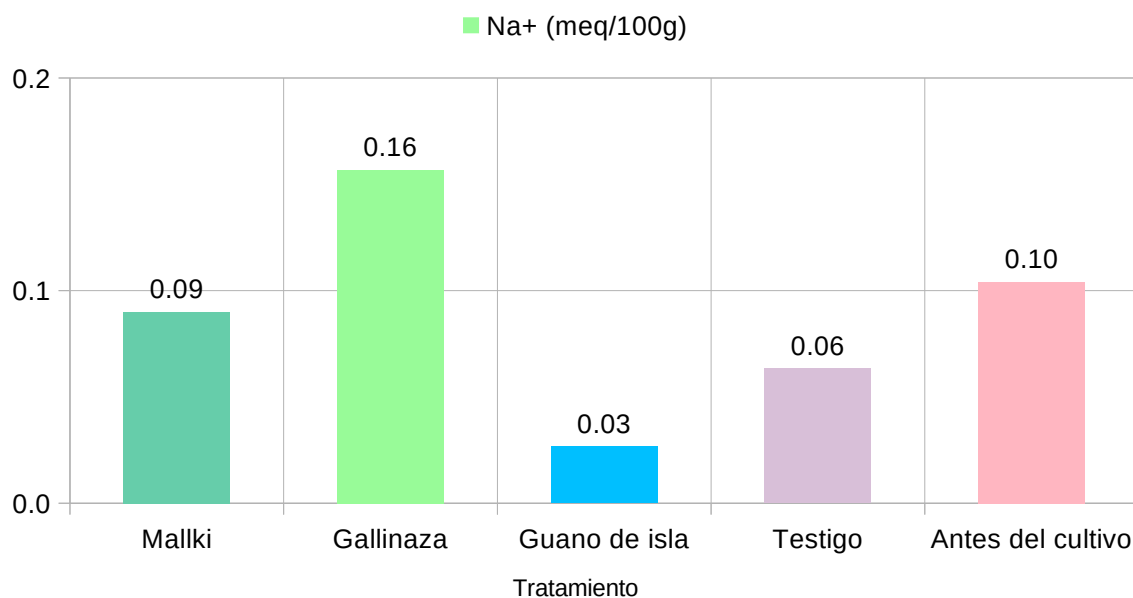
Sodio (Na+) (meq/100g)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	Antes del cultivo	General
Muestra 1	0.09	0.15	0.04	0.06	0.1	
Muestra 2	0.07	0.13	0.02	0.02	0.06	
Muestra 3	0.11	0.19	0.02	0.11	0.15	
Suma	0.27	0.47	0.08	0.19	0.31	1.32
Promedio	0.09	0.16	0.03	0.06	0.10	0.09
Desv. Est.	0.020	0.031	0.012	0.045	0.045	0.053

Fuente: Resultado de análisis de suelo

La **Tabla** (43) y **Figura** (16) muestran la información del contenido de Sodio (Na+) (meq/100g) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) para el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Gallinaza muestra el mayor valor de sodio (Na+), con un promedio de 0.16 meq/100g. Le sigue el suelo antes del cultivo, con un promedio de Na+ de 0.10 meq/100g. En tercer lugar se encuentra el suelo sin tratamiento, o Testigo, con un promedio de 0.06 meq/100g de Na+. El suelo tratado con Mallki registra un promedio de 0.09 meq/100g de Na+, mientras que el suelo tratado con Guano de Isla exhibe el menor valor de Na+, con un promedio de 0.03 meq/100g.

Figura 16:

Promedios del contenido de Na⁺ (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 44:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del contenido de Na⁺ (meq/100g) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Muestra	0.008	2	0.004	9.698	0.007	**
Tratamientos	0.028	4	0.007	17.339	0.001	**
Error	0.003	8	0.000			
Total	0.039	14				
CV(%)	22.813				Prom.	0.088

Fuente: Elaboración propia

** : Altamente significativo

La **Tabla** (44) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del contenido de Na⁺ (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.001 menor a 0.05, en consecuencia, estadísticamente la diferencia es Altamente significativo entre las medias de Na⁺ (meq/100g), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Na⁺ (meq/100g).

Tabla 45:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del contenido de Na⁺ (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos .

Tratamiento	Promedio (meq/100g)	grupo
Gallinaza	0.16	a
Antes del cultivo	0.10	ab
Mallki	0.09	ab
Testigo	0.06	b
Guano de isla	0.03	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (45) presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del contenido de Na⁺ (meq/100g) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el contenido promedio de sodio (Na⁺) en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. Gallinaza tiene el valor promedio más alto de Na⁺ (0.16 meq/100g) y se clasifica en el grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre este tratamiento y los demás. El suelo antes del cultivo y Mallki tienen valores promedio de Na⁺ ligeramente más bajos (0.10 meq/100g y 0.09 meq/100g respectivamente) y se agrupan juntos en el grupo "ab". El Testigo muestra un contenido promedio de Na⁺ más bajo (0.06 meq/100g) y se asigna a un grupo separado "b". Guano de isla tiene el contenido promedio más bajo de Na⁺ (0.03 meq/100g) y se clasifica en un grupo separado "b". Estos resultados sugieren que Gallinaza tiene el mayor contenido de Na⁺, seguido por el suelo antes del cultivo y Mallki, mientras que el Testigo y Guano de isla muestran los contenidos más bajos en esta propiedad.

4.1.3. Rendimiento de maíz morado

A) Peso (gramos/mazorca)

Tabla 46:

Datos recopilados y principales estadísticos del Peso (gr/mazorca) del suelo tratados con abonos orgánicos .

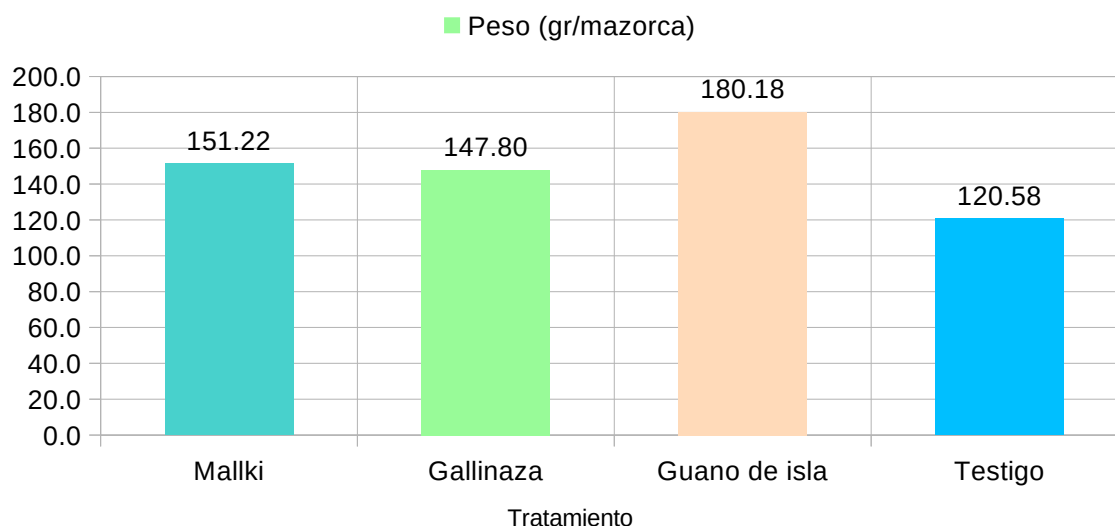
Peso (gr/mazorca)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	General
B1	135.38	126.94	169.33	116.61	
B2	176.65	152.41	174.16	139.58	
B3	145.94	157.11	194.13	92.33	
B4	146.9	154.73	183.09	133.81	
Suma	604.87	591.19	720.71	482.33	2399.1
Promedio	151.22	147.80	180.18	120.58	149.94
Desv. Est.	17.740	14.037	10.909	21.212	26.295

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (46) y **Figura** (17) muestran los datos recopilados del Peso (gr/mazorca) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Guano de Isla muestra el mayor promedio de peso de la mazorca, con 180.18 gr/mazorca. Le sigue el suelo tratado con Mallki, con un promedio de peso de 151.22 gr/mazorca. En tercer lugar se encuentra el suelo tratado con Gallinaza, con un promedio de 147.80 gr/mazorca. El suelo sin tratamiento, o Testigo, exhibe el menor promedio de peso de la mazorca, con 120.58 gr/mazorca.

Figura 17:

Promedios del Peso (gr/mazorca) del suelo tratados con abonos orgánicos .



Fuente: Elaboración propia

Tabla 47:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del Peso (gr/mazorca) del suelo tratados con abonos orgánicos .

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Bloques	1,240.517	3	413.506	1.859	0.207	NS
Tratamientos	7,129.566	3	2,376.522	10.686	0.003	**
Error	2,001.597	9	222.400			
Total	10,371.680	15				
CV(%)	9.946				Prom.	149.944

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

** : Altamente significativo

La **Tabla** (47) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del Peso (gr/mazorca) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.003 menor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico la diferencia es Altamente significativo entre las medias de Peso (gr/mazorca), esto significa que al menos dos de los tratamientos, estadísticamente tienen los promedios diferentes en cuanto a Peso (gr/mazorca).

Tabla 48:

Prueba de Tukey (5% de confianza) del Peso (gr/mazorca) del suelo tratado con abonos orgánicos.

Tratamiento	Promedio (gr/mazorca)	grupo
Guano de isla	180.18	a
Mallki	151.22	ab
Gallinaza	147.80	ab
Testigo	120.58	b

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla** (48) presenta la prueba de Tukey (5% de confianza) de los promedios del Peso (gr/mazorca) del suelo tratado con abonos orgánicos, en ella se observa que el peso promedio de las mazorcas en el suelo tratado con diferentes abonos orgánicos muestra variaciones significativas. Guano de isla tiene el peso promedio más alto de mazorca (180.2 gr/mazorca) y se clasifica en el grupo "a", indicando que no hay diferencias significativas entre este tratamiento y los demás. Mallki y Gallinaza tienen valores promedio de peso de mazorca ligeramente más bajos (151.2 gr/mazorca y 147.8 gr/mazorca respectivamente) y se asignan al grupo "ab". El Testigo muestra un peso promedio de mazorca más bajo (120.6 gr/mazorca) y se clasifica en un grupo separado "b". Estos resultados sugieren que Guano de isla tiene el mayor peso de mazorca, seguido por Mallki y Gallinaza, mientras que el Testigo muestra el peso más bajo.

B) Rendimiento (Th/ha)

Tabla 49:

Datos recopilados y principales estadísticos del Rendimiento (Tn/ha) del suelo tratados con abonos orgánicos .

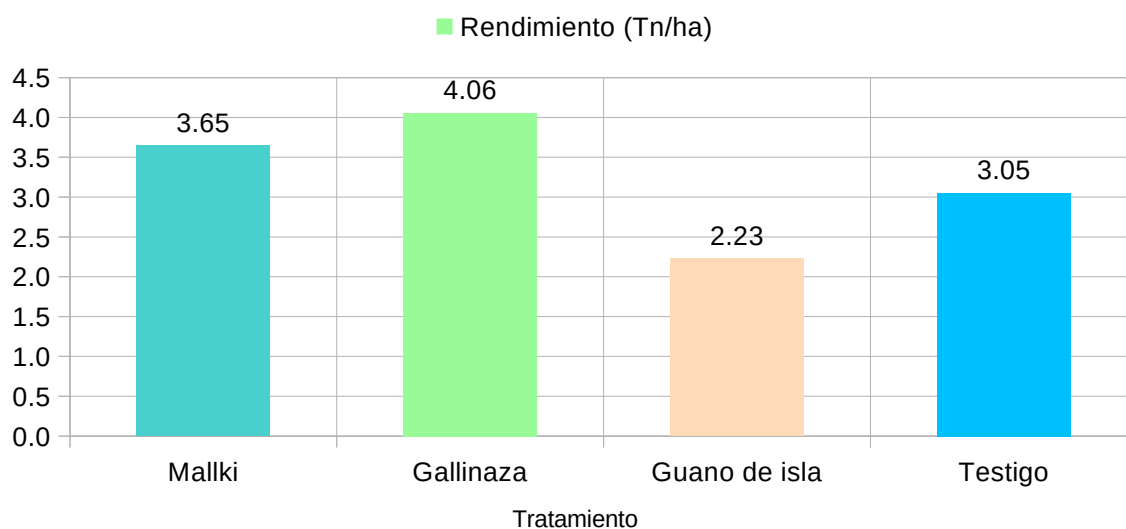
Rendimiento (Kg/ha)	Mallki	Gallinaza	Guano de isla	Testigo	General
B1	3.57	6.25	1.19	3.57	
B2	5.95	3.57	3.57	3.57	
B3	3.87	3.87	2.08	1.49	
B4	1.19	2.53	2.08	3.57	
Suma	14.58	16.22	8.92	12.2	51.92
Promedio	3.65	4.06	2.23	3.05	3.25
Desv. Est.	1.949	1.572	0.987	1.040	1.47

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla (49)** y **Figura (18)** muestran los datos recopilados del Rendimiento (Tn/ha) del suelo para los diferentes tratamientos con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo) en el cultivo de maíz morado (*Zea mays L.*) variedad PMV-581 en el sector de Quitasol – Abancay, en ella se visualiza que el suelo tratado con Mallki ha conseguido un promedio de Rendimiento (Tn/ha) igual a 3.645 Tn/ha mientras que el suelo tratado con Gallinaza ha conseguido un promedio de Rendimiento (Tn/ha) de 4.055 Tn/ha, luego el suelo tratado con Guano de isla 2.23 Tn/ha, el suelo sin tratamiento (Testigo) 3.05 Tn/ha.

Figura 18:

Promedios del Rendimiento (Tn/ha) del suelo tratados con abonos orgánicos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 50:

Comparación de las medias, mediante el análisis de varianza del Rendimiento (Tn/ha) del suelo tratados con abonos orgánicos.

Fuente de variación	SC	GL	CM	Fc	P valor	Sig.
Bloques	7.981	3	2.660	1.409	0.303	NS
Tratamientos	7.537	3	2.512	1.330	0.324	NS
Error	16.996	9	1.888			
Total	32.514	15				
CV(%)	42.348				Prom.	3.245

Fuente: Elaboración propia

NS: No significativo

La **Tabla** (50) presenta la comparación de medias por ANOVA de las medias del Rendimiento (Tn/ha) del suelo tratado con abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y Suelo antes del cultivo), en ella se observa que el Valor P es de 0.324 mayor a 0.05, en consecuencia, se evidencia que, desde un punto de vista estadístico no existe diferencia entre las medias de Rendimiento (Tn/ha), es decir los promedios de los tratamientos estadísticamente son iguales en cuanto a Rendimiento (Tn/ha).

4.2. Discusión

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el uso de abonos orgánicos, específicamente Guano de isla, Mallki y Gallinaza, tiene efectos significativos en las propiedades físicas y químicas del suelo y en el rendimiento del maíz morado. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas que destacan los beneficios de los abonos orgánicos en diversos contextos agrícolas.

Nuestros resultados indicaron que la textura del suelo se mantuvo franco arenosa en todos los tratamientos, con mejoras en la porosidad observadas en los suelos tratados con Mallki, Gallinaza y Guano de isla. Hernández-Rodríguez et al. (2010) también encontraron que los abonos orgánicos pueden mejorar la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua, aunque no observaron diferencias significativas en las características físicas en todos los casos. Esto sugiere que los beneficios de los abonos orgánicos pueden variar dependiendo del contexto y del tipo específico de suelo y cultivo.

En términos de propiedades químicas, nuestro estudio mostró variaciones significativas en pH, conductividad eléctrica, contenido de CaCO_3 , fósforo y otros nutrientes esenciales. Rodríguez & Hernández (2012) encontraron que los abonos orgánicos incrementan el pH del suelo, reducen la acidez y mejoran la disponibilidad de nutrientes como Ca, Mg, K y P, lo cual coincide con nuestros resultados que indican mejoras químicas en suelos tratados con abonos orgánicos. De manera similar, Luna (2012) observó que la biofertilización y los abonos orgánicos mejoraron significativamente

la calidad del suelo y la disponibilidad de nutrientes, apoyando la idea de que estos insumos pueden sustentar la producción de cultivos de manera sostenible.

En cuanto al rendimiento, nuestro estudio encontró que el Guano de isla proporcionó el mayor peso de mazorca, seguido de Mallki y Gallinaza, con el Testigo mostrando el rendimiento más bajo. Estos resultados son comparables con los hallazgos de Mandujano Apolín (2017), quien concluyó que el uso de guano de isla y otros abonos orgánicos mejoró significativamente el rendimiento del maíz morado. Asimismo, Gonzales Sánchez (2019) demostró que la aplicación de materia orgánica en combinación con nutrientes minerales incrementó el rendimiento del maíz morado, destacando la variedad PMV-581 por su alto rendimiento.

Los estudios de Monsierra et al. (2021) en Córdoba y de Carbonelli Mosqueira (2021) en Huaral también apoyan la efectividad de los abonos orgánicos y biofertilizantes en mejorar el rendimiento y las características fenológicas del maíz. Aunque los contextos agroecológicos y las variedades de maíz difieren, la tendencia general de mejora en el rendimiento y la calidad del cultivo con el uso de abonos orgánicos es evidente.

Por lo tanto los resultados de esta investigación corroboran la efectividad de los abonos orgánicos en mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y en aumentar el rendimiento del maíz morado. Estos hallazgos son consistentes con la literatura existente y subrayan la importancia de adoptar prácticas de abonamiento orgánico para promover la sostenibilidad agrícola.

VI. Conclusiones

- El objetivo general de evaluar el efecto de diferentes abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) sobre las propiedades físicas y químicas del suelo, así como en el rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L.) variedad PMV-581 en Quitasol - Abancay durante el año 2023, ha sido cumplido de manera significativa a través de los resultados obtenidos. La aplicación de estos abonos orgánicos ha mostrado influencias notables en las propiedades físicas y químicas del suelo, además de ciertos aspectos del rendimiento del maíz morado. Específicamente, los abonos han mejorado la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes al incrementar el contenido de limo y arcilla, así como la porosidad del suelo, lo que favorece una mejor estructura y penetración de las raíces. En términos químicos, se observó una reducción del pH a niveles ligeramente alcalinos, adecuados para el cultivo de maíz morado, y una mejora en la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo y potasio. Aunque no se registraron diferencias significativas en el rendimiento seco total, el aumento en el peso de las mazorcas indica una mejora en la calidad del cultivo. En conjunto, estos hallazgos confirman que los abonos orgánicos estudiados influyen positivamente en las propiedades del suelo y en ciertos aspectos del rendimiento del maíz morado, cumpliendo así con el objetivo general planteado.
- En cuanto al efecto de abonos orgánicos (Mallki, Gallinaza y Guano de isla) en las propiedades físicas del suelo, los resultados mostraron que el suelo antes del cultivo presentó el valor promedio más alto de arena (54.18%), sin diferencias significativas respecto a los tratamientos con Mallki (47.49%), Guano de isla (47.22%), Gallinaza (46.81%) y el Testigo (46.53%). Desde una perspectiva agronómica, estos valores indican que la estructura arenosa del suelo se mantuvo constante, lo que favorece un buen drenaje y aireación, aspectos importantes para el desarrollo de las raíces del maíz morado. El Guano de isla mostró el contenido

promedio más alto de limo (31.78%), seguido por el Testigo (29.63%), Gallinaza (28.86%) y Mallki (28.54%), mientras que el suelo antes del cultivo tuvo el contenido más bajo (23.30%). El aumento en el contenido de limo mejora la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, beneficiando el crecimiento del maíz morado. En términos de arcilla, Mallki (24.97%) y el Testigo (24.24%) presentaron los valores más altos, seguidos por Gallinaza (23.34%) y Guano de isla (22.48%), con el suelo antes del cultivo mostrando el menor contenido (20.83%). Un mayor contenido de arcilla puede mejorar la capacidad de retención de agua y nutrientes, pero también puede reducir la permeabilidad del suelo. La textura del suelo en todos los tratamientos, incluyendo antes del cultivo, Guano de isla, Gallinaza, Testigo y Mallki, fue franco arenosa, lo que es favorable para el cultivo del maíz morado debido a su buen balance entre retención de agua y drenaje. El tratamiento Testigo mantuvo una estructura granular similar al suelo sin tratar, sugiriendo que no tuvo un efecto significativo en la estructura del suelo. En contraste, los tratamientos con Mallki, Gallinaza y Guano de isla mostraron un aumento de la porosidad, alcanzando un 35% frente al 33% del grupo de control y el Testigo, lo que sugiere que los abonos orgánicos pueden mejorar la porosidad del suelo, beneficiando su estructura y capacidad de retención de agua y nutrientes. Este incremento en porosidad es crucial para la salud del suelo y el crecimiento del maíz morado, ya que facilita el intercambio de gases y la penetración de las raíces.

- Respecto al segundo objetivo específico, sobre el efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo, se observaron variaciones significativas. El pH del suelo antes del cultivo fue ligeramente alcalino (8.07), significativamente mayor que el del suelo tratado con Mallki (7.59), Guano de isla (7.48), Gallinaza (7.69) y Testigo (7.69). Un pH ligeramente alcalino es adecuado para el cultivo de maíz morado, aunque niveles demasiado altos pueden afectar la disponibilidad de algunos nutrientes. El Guano de isla tuvo el valor promedio más alto de

conductividad eléctrica (0.9033 dS/m, baja), seguido por Gallinaza (0.6000 dS/m), mientras que el suelo antes del cultivo (0.4367 dS/m), Mallki (0.3967 dS/m) y Testigo (0.3033 dS/m) tuvieron valores más bajos. Una conductividad eléctrica baja indica niveles adecuados de sales solubles, lo que es beneficioso para el crecimiento del maíz morado. En cuanto al contenido de CaCO_3 , Guano de isla (13.360%) y Gallinaza (12.963%) presentaron los valores más altos, seguidos por el Testigo (11.110%), mientras que Mallki (10.607%) y el suelo antes del cultivo (4.907%) mostraron los más bajos. Esto sugiere que Guano de isla y Gallinaza son efectivos para aumentar el CaCO_3 , mejorando la estructura del suelo y proporcionando calcio, un nutriente esencial para el crecimiento del maíz. La materia orgánica no mostró diferencias significativas entre tratamientos, con un promedio de 3.22%. La presencia de materia orgánica es vital para la fertilidad del suelo, ya que mejora la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes. En cuanto al fósforo, Gallinaza (4.523 ppm), Guano de isla (4.173 ppm) y Testigo (3.927 ppm) tuvieron los valores más altos, seguidos por Mallki (3.453 ppm) y el suelo antes del cultivo (1.547 ppm). El fósforo es esencial para el desarrollo de raíces y la floración del maíz morado. Los tratamientos Guano de isla, suelo antes del cultivo y Mallki tuvieron los valores más altos de potasio (255.9 ppm, 252.4 ppm y 249.9 ppm, respectivamente), mientras que el Testigo (231.8 ppm) y Gallinaza (222.0 ppm) tuvieron los más bajos. El potasio es crucial para la resistencia a enfermedades y la calidad del grano en el maíz morado. El suelo antes del cultivo tuvo el contenido más alto de Ca^{+2} (11.720 meq/100g), seguido por Mallki (10.347 meq/100g) y el Testigo (9.810 meq/100g), con Guano de isla (9.087 meq/100g) y Gallinaza (8.983 meq/100g) mostrando los más bajos. El calcio es importante para la integridad celular y la absorción de otros nutrientes. El suelo antes del cultivo también presentó el mayor contenido de Mg^{+2} (1.830 meq/100g), seguido por Gallinaza (1.660 meq/100g), el Testigo (1.630 meq/100g) y Guano de isla (1.593

meq/100g), mientras que Mallki tuvo el más bajo (1.400 meq/100g). El magnesio es un componente esencial de la clorofila y necesario para la fotosíntesis. No hubo diferencias significativas en el contenido de potasio (K⁺) entre tratamientos, con un promedio general de 0.57 meq/100g. Gallinaza tuvo el valor más alto de sodio (Na⁺) (0.15667 meq/100g), seguido por el suelo antes del cultivo (0.10333 meq/100g) y Mallki (0.09000 meq/100g), mientras que el Testigo (0.06333 meq/100g) y Guano de isla (0.02667 meq/100g) mostraron los valores más bajos. Niveles altos de sodio pueden afectar negativamente la estructura del suelo y la absorción de agua, por lo que es preferible mantenerlo bajo. El contenido de nitrógeno fue mayor en el suelo antes del cultivo (0.2467%) y significativamente diferente de Gallinaza y Guano de isla (ambos con 0.2367%), mientras que Testigo (0.2433%) y Mallki (0.2400%) no difirieron significativamente de otros tratamientos. El nitrógeno es crucial para el crecimiento vegetativo del maíz morado, y su adecuada disponibilidad es vital para obtener buenos rendimientos.

- Finalmente, en relación con el tercer objetivo específico, sobre el rendimiento del maíz morado, se identificaron variaciones. En el suelo tratado con Guano de isla se observó el peso promedio más alto de mazorca (180.2 g/mazorca), seguido por Mallki (151.2 g/mazorca) y Gallinaza (147.8 g/mazorca), mientras que el Testigo presentó el peso promedio más bajo (120.6 g/mazorca). Estos resultados indican que el Guano de isla proporciona el mayor peso de mazorca, lo que sugiere que este abono es particularmente efectivo para mejorar el rendimiento del maíz morado. Mallki y Gallinaza también mejoraron el rendimiento en comparación con el Testigo, aunque en menor medida. En términos de rendimiento de maíz morado seco en toneladas por hectárea (Tn/ha) del suelo tratado con abonos orgánicos, incluyendo Mallki, Gallinaza, Guano de isla, Testigo y el suelo antes del cultivo, no se observó una diferencia significativa, con un promedio general de 3.245 Tn/ha. Aunque no hubo diferencias significativas en el rendimiento total, el aumento en el

peso de las mazorcas sugiere que los abonos orgánicos pueden mejorar la calidad y potencialmente el valor comercial del maíz morado.

VII. Recomendaciones

- Dado que el Guano de isla demostró ser el más efectivo para incrementar el peso de las mazorcas, se recomienda su uso prioritario en cultivos donde la calidad y el tamaño de la mazorca son factores determinantes para el mercado. Además, para maximizar los beneficios en la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo, se recomienda la aplicación combinada de diferentes abonos orgánicos. Por ejemplo, la combinación de Gallinaza y Guano de isla para potenciar el contenido de nutrientes esenciales como fósforo y potasio, así como mejorar la estructura del suelo de manera más integral.
- Asimismo, es fundamental implementar un manejo integrado del suelo que incluya el monitoreo continuo de parámetros clave como el pH, la conductividad eléctrica (CE) y el contenido de nutrientes, ya que realizar análisis periódicos permitirá ajustar las aplicaciones de abonos orgánicos de acuerdo con las necesidades específicas del cultivo y las condiciones del suelo, asegurando así un manejo más preciso y eficiente.
- Para fortalecer la base científica y práctica de los hallazgos, se recomienda llevar a cabo investigaciones futuras que incluyan estudios a largo plazo para evaluar los efectos sostenidos de los abonos orgánicos en las propiedades del suelo y el rendimiento de los cultivos a lo largo de múltiples ciclos de cultivo. También sería beneficioso realizar análisis de costos y beneficios que consideren el costo de los abonos orgánicos frente a los beneficios obtenidos en términos de rendimiento y calidad del cultivo, lo que facilitará la determinación de la viabilidad económica de su uso a gran escala.
- También se recomienda integrar el uso de abonos orgánicos dentro de un marco más amplio de prácticas agrícolas sostenibles. Esto incluye la conservación del suelo, el manejo eficiente del agua y la reducción del uso de fertilizantes químicos, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental. Paralelamente, se debe promover

la capacitación y el asesoramiento a los agricultores sobre los beneficios y técnicas de aplicación de abonos orgánicos, asegurando una implementación efectiva y maximizando los beneficios agronómicos obtenidos.

- Para mejorar la calidad del cultivo, se recomienda fomentar el uso de abonos orgánicos que han demostrado aumentar significativamente el peso de las mazorcas, como el Guano de isla. Este aumento en la calidad del grano puede incrementar su valor comercial y competitividad en el mercado, ofreciendo beneficios económicos directos a los agricultores. Finalmente, desde una perspectiva de sostenibilidad ambiental, es aconsejable promover el uso de abonos orgánicos como una alternativa más ecológica frente a los fertilizantes químicos, lo que contribuirá a la salud a largo plazo del suelo y a la reducción de la contaminación ambiental.

VIII. Referencias

- AGRORUAL. (2022). Guano de las islas. 18. www.agrorural.gob.pe
- Alcarraz Huaman, M. L., & Alcarraz Huaman, N. (2019). Rendimiento en dos variedades de frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.) con tres tipos de abono en la provincia de Andahuaylas–Apurímac.
- Angel Galaviz, A. (2015). Propiedades Físicas, Químicas y Biológicas de las muestras de suelos - Análisis de Suelo y Agua ITSL. <https://sites.google.com/site/analisisdesueloyaguaitsl/tem/2-2---factores-que-afectan-los-cambios-en-propiedades-fisicas-quimicas-y-biologicas-de-las-muestras>
- Arango Tenorio, L. M. (2012). Abonamiento orgánico e inorgánico en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.), Canaán a 2,750 msnm.-Ayacucho.
- Arrieché Luna, I. E. (2009). Efecto de la fertilización orgánica y química en suelos degradados cultivados con maíz (*Zea mays* L.) en el estado Yaracuy, Venezuela.
- Bornewasser, J. A. (Johannes A., D'Haenens, A., Moorsel, P. van., Baelde, M. (Michel E. J., Kossmann, E. H. (Ernst H., & Krul, W. E. (Wessel E. (1977). *Winkler Prins geschiedenis der Nederlanden*.
- Brady, N.C., Weil, R.R. (2008). *The Nature and Properties of Soils* (14th Edition). Prentice Hall.
- Carbonelli Mosqueira, Z. (2021). Microorganismos eficientes en la fenología y rendimiento del maíz morado (*Zea mays* L) en Huaral–Lima.
- Cardenas Cosme, Y. M. (2022). Eficiencia de abonos orgánicos en la producción de maíz blanco Urubamba (*Zea mays* L), Choccepuquio–Andahuaylas–2018.
- Castellanos, J. Z. (2010). Guía para la interpretación del análisis de suelo y agua. Sitio: intagri@intagri.com.mx o www.intagri.com.mx, 8-10.

- Drinkwater, L. E., Wagoner, P., & Sarrantonio, M. (1998). Legume-based cropping systems have reduced carbon and nitrogen losses. *Nature*, 396(6708), 262-265. <https://doi.org/10.1038/24376>
- Ferguson, I.B. (2003). "Fruit quality: The role of osmoregulation, cell wall elasticity, and cell turgor." *Postharvest Biology and Technology*, 28(3), 181-198.
- Gómez, D., & Vásquez, M. (2011). *Abonos orgánicos*. PYMERURAL Y PRONAGRO.
- Gonzales Sánchez, F. J. (2019). Respuesta al nivel nutricional en el rendimiento y concentración de antocianinas en tres variedades de maíz morado (*Zea mays* L.).
- Hallauer, A.R. (2013). "Quantitative Genetics in Maize Breeding." *Handbook of Maize: Genetics and Genomics*, 815-838.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ª ed.). McGraw-Hill.
- Hernández-Rodríguez, O. A., Ojeda-Barrios, D. L., López-Díaz, J. C., & Arras-Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(1), 1–6.
- Intagri. (2020). La Gallinaza Como Fertilizante | Intagri S.C. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/gallinaza-como-fertilizante>
- Luna, Y. del C. P. (2012). Impacto de la biofertilización y aplicación de abonos orgánicos en la productividad de maíz (*Zea mays* L.) en Chiapas. El Colegio de la Frontera Sur.
- Mandujano Apolín, Y. D. (2017). Los abono orgánicos en la producción de maíz morado variedad mejorada pmv-581 (*Zea mays* L.) y las propiedades químicos del suelo en condiciones agroecológicas del Instituto de Investigación Frutícola y Olerícola-Cayhuayna Huánuco-2016.

- Manrique Chávez, I. A. (2020). Maíz morado peruano 2 Instituto Nacional de Investigación Agraria Dirección General de Investigación Agraria Dirección General de Transferencia de Tecnología.
- Medina Hoyos, A. E. (2022). Guía de Manejo del Cultivo de Maíz Morado (*Zea mays* L.).
- Monsierra, L., Bertola, A. del P., Giraud, L., Pérez, G. T., & Mansilla, P. S. (2021). Evaluación de la aptitud agronómica de familias endogámicas de maíz morado (*Zea mays* L.) en la zona semiárida central de Córdoba.
- Montoya, P., Asesor, T., Mallki, T., & Torres, M. C. (2017). Sistema integrado ficha técnica de producto: Mallki mejorador de suelos.
- Nolasco Bernardo, Y. (2021). Enmiendas orgánicas en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) en condiciones de Cayhuayna-Pillco Marca-Huánuco, 2019.
- Quispe Jacobo, F., Arroyo Condorena, K., & Gorriti Gutiérrez, A. (2011). Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado (*Zea mays* L.) en Arequipa-Perú. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 77(3), 205–217.
- Ranum, P., et al. (2014). "Maize: A paramount staple crop in the context of global nutrition." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(6), 664-680.
- Rodríguez, R. O., & Hernández, R. M. (2012). Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 25(1), 16–31.
- Sánchez-Chávez, E., González-Aguilar, G. A., Báez-Sañudo, R., Mercado-Ruiz, J. N., Calderón-Santoyo, M., & Rojo-Callejas, F. (2013). Maize as a potential source of natural antioxidants and their application in bread and food matrices. In P. K. Kintzios & M. G. Barberaki (Eds.), *Antioxidant properties of spices, herbs and other sources* (pp. 335-351). Springer.

Solís, B. V., & Villalobos Solís, B. (2019). UCR estudia poderosa variedad de maíz pujagua. Semanario Universidad.

<https://semanariouniversidad.com/universitarias/ucr-estudia-poderosa-variedad-de-maiz-pujagua/>

Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., & Havlin, J. L. (1993). Soil fertility and fertilizers (5th ed.). Macmillan.

Universitaria, E. (2021). El suelo: un universo invisible [Internet]. La Plata: Universidad Nacional de La Plata.