

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



Tesis

Evaluación de la incorporación de microorganismos autóctonos en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi y sus composiciones nutricionales, distrito de Abancay – Apurímac

Asesor:

Ing. Marrufo Montoya, Rosa Eufemia

Autor:

Paniura Tintaya, Andrés Ronal

Saavedra Raya, Carlos Ernesto

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° 002-2024-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:

- | | |
|---------------------------------|----------------------|
| ➤ Dr. Ely Jesús ACOSTA VALER | PRESIDENTE DE JURADO |
| ➤ M.Sc. Franklin YANQUI DIAZ | DICTAMINANTE |
| ➤ Ing. Jorge Luis VILCHEZ CASAS | REPLICANTE |

El aspirante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

Bachiller: PANIURA TINTAYA Andrés Ronal.

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: "Evaluación de la incorporación de microorganismos autóctonos en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi y sus composiciones nutricionales, distrito de Abancay - Apurímac".


Habiendo aprobado con la nota de Dieciséis (16).

Se extiende, conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en el tomo III de los folios N° 188 y 189.


Abancay, 19 de abril del 2024.



Dr. Ely Jesús ACOSTA VALER
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Franklin YANQUI DIAZ
DICTAMINANTE



Ing. Jorge Luis VILCHEZ CASAS
REPLICANTE

C.c.
Archivo

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria, Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, San Jerónimo Jr. Ccatalay N° 100 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N° 002-2024-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:

- | | |
|--|-----------------------------|
| ➤ <i>Dr. Ely Jesús ACOSTA VALER</i> | PRESIDENTE DE JURADO |
| ➤ <i>M.Sc. Franklin YANQUI DIAZ</i> | DICTAMINANTE |
| ➤ <i>Ing. Jorge Luis VILCHEZ CASAS</i> | REPLICANTE |

El aspirante al TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGRÓNOMO

Bachiller: SAAVEDRA RAYA Carlos Ernesto.

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: "Evaluación de la incorporación de microorganismos autóctonos en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi y sus composiciones nutricionales, distrito de Abancay - Apurímac".


Habiendo aprobado con la nota de Dieciséis (16).

Se extiende, conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en el tomo III de los folios N° 188 y 189.

Abancay, 19 de abril del 2024.



Dr. Ely Jesús ACOSTA VALER
PRESIDENTE DEL JURADO



M.Sc. Franklin YANQUI DIAZ
DICTAMINANTE



Ing. Jorge Luis VILCHEZ CASAS
REPLICANTE

C.c.
Archivo

Reporte de similitud






18% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- › Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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



Metadatos

Datos del autor	
Apellidos y Nombres	: Paniura Tintaya, Andrés Ronal
Tipo de documento de identidad	: DNI
Numero de documento de identidad	: 31042038
URL ORCID (opcional)	: https://orcid.org/0009-0007-8863-2473
Apellidos y Nombres	: Saavedra Raya, Carlos Ernesto
Tipo de documento de identidad	: DNI
Numero de documento de identidad	: 43290097
URL ORCID (opcional)	: https://orcid.org/0009-0007-1968-7972
Datos del asesor	
Apellidos y Nombres	: Marrufo Montoya, Rosa Eufemia
Tipo de documento de identidad	: DNI
Numero de documento de identidad	: 04304052
URL ORCID (opcional)	: https://orcid.org/0000-0003-2955-2899
Datos de la Investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Agronomía
Línea de Investigación	: Agricultura y Ambiente
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2023
Nota de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 18%
URL de OCDE	: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#4.01.06

Dedicatoria

A mis padres por haber tenido la dicha de haber nacido y vivido lo mejor de nuestra naturaleza, del mismo modo haber aprendido experiencias buenas y malas en esta nuestra sociedad lo que me ha permitido reforzarme en la lucha cada día de mi vida.

A mis tíos Augusto y Julia por haberme educado desde niño como hombre de bien e íntegro, característica propia de mi persona.

A mis hijos, Waldimar y Alexis, que siempre me han estado ayudando y animando a culminar el presente trabajo, asimismo son mi razón de ser.

Ronal

Dedicatoria

A mis padres Ernesto y Flor por brindarme su amor, apoyo y comprensión, quienes han sabido educarme con buenos sentimientos, valores, hábitos y por todo su amor, por motivarme constantemente a seguir adelante.

A mi amor Rosmery por su lealtad, amor incondicional y acompañarme en todos los proyectos que nos encaminamos, a mis hijos Carlos e Ismael por ser la principal Nota que me impulsa y me llena de inspiración para avanzar y superarme diariamente en la vida, esforzándome por enfrentar los desafíos con la esperanza de construir un mañana más prometedor.

Carlos

Agradecimiento

Agradecemos profundamente a los doctores Francisco Medina Raya, Braulio Pérez Campana y Juan Alarcón Camacho, así como de manera especial a la Ingeniera Rosa Eufemia Marrufo Montoya, nuestra asesora de tesis, por su valiosa orientación, conocimientos, paciencia y apoyo incondicional durante todo el proceso de investigación. Sus consejos y dedicación fueron fundamentales para el desarrollo, éxito de este trabajo y mi formación académica y personal.

Expresamos también nuestra sincera gratitud al señor Bernabé Falcón Castro por facilitar desinteresadamente la infraestructura necesaria para este estudio.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a nuestras familias por su amor y respaldo constantes en cada etapa de nuestra formación, así como a nuestros amigos, compañeros de trabajo, personal administrativo de la Universidad Tecnológica de los Andes y a todas las personas que contribuyeron con su apoyo invaluable en mi camino hacia la profesionalización.

Ronal y Carlos

Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de microorganismos autóctonos en la elaboración de tres tipos de abonos orgánicos fermentados tipo bokashi, elaborados con estiércoles de vacuno, cuy y porcino, en el distrito de Abancay, Apurímac. La investigación utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial 2x3 y tres repeticiones, combinando los tres tipos de estiércol con el uso de microorganismos eficientes autóctonos (EMA). Los resultados revelaron que la incorporación de EMA mejoró significativamente las características físicas y químicas de los abonos. El tratamiento T2 (estiércol de vacuno + EMA) presentó la mayor proporción de materia orgánica (20.15%) y el nivel de humedad más alto (6.76%) en comparación con los otros tratamientos. En cuanto a las características químicas, el tratamiento T4 (estiércol de cuy + EMA) mostró la mayor conductividad eléctrica (3.45 dS/m), dentro de los parámetros adecuados. Respecto a los nutrientes, el T2 destacó por su contenido de nitrógeno (0.52%), mientras que el T6 (estiércol de porcino + EMA) tuvo el nivel más alto de fósforo (0.57%). Además, el T4 mostró mayores concentraciones de potasio (0.83%) y calcio (3.53%), y el T6 lideró en magnesio (1.96%) y sodio (0.25%). En cuanto al pH, el T4 presentó un valor de 7.56, correspondiente a un rango ligeramente alcalino. En conclusión, la incorporación de microorganismos autóctonos en la elaboración de abonos bokashi mejora su composición nutricional, recomendándose su aplicación para optimizar la calidad del fertilizante orgánico.

Palabras clave: Microorganismos autóctonos, bokashi, composición nutricional.

Abstract

The study aimed to evaluate the influence of incorporating native microorganisms in the production of three types of fermented organic bokashi fertilizers, made from cattle, guinea pig, and pig manure, in the district of Abancay, Apurímac. The research employed a completely randomized experimental design (CRD) with a 2x3 factorial arrangement and three replications, combining the three types of manure with the use of native effective microorganisms (NEM). The results revealed that the incorporation of NEM significantly improved the physical and chemical characteristics of the fertilizers. Treatment T2 (cattle manure + NEM) showed the highest proportion of organic matter (20.15%) and the highest moisture level (6.76%) compared to the other treatments. Regarding chemical characteristics, treatment T4 (guinea pig manure + NEM) exhibited the highest electrical conductivity (3.45 dS/m), within acceptable parameters. Concerning nutrients, T2 stood out for its nitrogen content (0.52%), while T6 (pig manure + NEM) had the highest phosphorus level (0.57%). Additionally, T4 showed higher concentrations of potassium (0.83%) and calcium (3.53%), and T6 led in magnesium (1.96%) and sodium (0.25%). In terms of pH, T4 presented a value of 7.56, corresponding to a slightly alkaline range. In conclusion, the incorporation of native microorganisms in the production of bokashi fertilizers improves their nutritional composition, and their application is recommended to optimize the quality of organic fertilizer.

Keywords: Autochthonous microorganisms, bokashi, nutritional composition.

Índice

Portada.....	i
Acta de sustentación.....	ii
Reporte de similitud	iv
Metadatos.....	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento.....	viii
Resumen	ix
Abstract	x
Índice.....	xi
Índice de tablas.....	xiii
Índice de figuras	xvi
Índice de anexos.....	xviii
I. INTRODUCCIÓN.....	19
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2.1. Descripción y formulación del problema.....	20
2.1.1. Problema general.....	21
2.1.2. Problemas específicos	21
2.2. Objetivos.....	22
2.2.1. Objetivo general.....	22
2.2.2. Objetivos específicos	22
2.3. Justificación e importancia	22
2.4. Hipótesis.....	23
2.4.1. Hipótesis general	23
2.4.2. Hipótesis específicas	23
2.5. Variables	24
III. MARCO TEÓRICO	27
3.1. Antecedentes	27
3.2. Bases teóricas	30
IV. METODOLOGÍA	43

4.1. Tipo y nivel de investigación	43
4.1.1. Tipo de investigación.....	43
4.1.2. Nivel de investigación	43
4.1.3. Metodología de la investigación	43
4.2. ÁMBITO TEMPORAL Y ESPACIAL.....	45
4.3. Población y muestra	46
4.4. Instrumentos	46
4.5. Procedimientos	47
4.6. Análisis de datos	49
4.7. Consideraciones éticas	50
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
5.1. Resultados.....	51
5.2. Discusión	93
VI. CONCLUSIONES.....	96
VII. RECOMENDACIONES.....	97
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
IX. ANEXOS	104
a) Matriz de consistencia.....	104
b) Instrumento de recolección de información	105
c) Base de datos	107
d) Análisis de laboratorio.....	108
e) Análisis de caracterización química	109
f) Evidencias fotográficas	110

Índice de tablas

Tabla 1 Operacionalización de variables	26
Tabla 2. Contenido de nutrimentos en diferentes tipos de Bokashi	35
Tabla 3. Composición química de estiércoles de animales de granja.....	36
Tabla 4. Diseño factorial de los tratamientos en estudio.....	43
Tabla 5 Descripción de los tratamientos.....	44
Tabla 6. Insumos básicos utilizados en el estudio	48
Tabla 7. Análisis de varianza de los promedios de los tratamientos	49
Tabla 8. Evaluación de parámetros físicos del abono orgánico tipo Bokashi.....	51
Tabla 9. Temperatura diaria del proceso de elaboración del bocashi	52
Tabla 10. Análisis descriptivo del contenido de materia orgánica (MO) por tratamiento y bloque	54
Tabla 11. Análisis de varianza del contenido de Materia Orgánica	55
Tabla 12. Prueba de Tukey interacción microorganismos	55
Tabla 13. Prueba de Tukey. Interacción estiércoles.....	56
Tabla 14. Prueba de Tukey interacción microorganismos y estiércoles	56
Tabla 15. Análisis estadístico del contenido de Humedad por tratamiento y bloque	58
Tabla 16. Análisis de varianza para el contenido de Humedad.....	59
Tabla 17. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor Estiércol	59
Tabla 18. Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles	60
Tabla 19. Análisis de la conductividad eléctrica (CE) por tratamiento y bloque.....	62
Tabla 20. Análisis de varianza para la conductividad eléctrica (CE)	62
Tabla 21. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor estiércol en la variable CE.....	63
Tabla 22. Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable CE.....	63
Tabla 23. Análisis del contenido de Nitrógeno por tratamiento y bloque	65
Tabla 24. Análisis de varianza para la variable de contenido de Nitrógeno	67
Tabla 25. Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Nitrógeno.....	67
Tabla 26. Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Nitrógeno	68

Tabla 27. Análisis del contenido de Fósforo por tratamiento y bloque	69
Tabla 28 Análisis de varianza para la variable de contenido de Fósforo.....	70
Tabla 29 Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Fósforo	71
Tabla 30 Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor estiércoles en la variable Fósforo.....	71
Tabla 31 Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Fósforo.....	72
Tabla 32 Análisis del contenido de Potasio por tratamiento y bloque	73
Tabla 33 Análisis de varianza con respecto al contenido de Potasio	74
Tabla 34 Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Potasio	75
Tabla 35 Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor estiércoles en la variable potasio	75
Tabla 36 Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Potasio	76
Tabla 37 Análisis del contenido de Calcio por tratamiento y bloque	77
Tabla 38 Análisis de varianza con respecto al contenido de Calcio	79
Tabla 39 Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Calcio	79
Tabla 40 Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Calcio	80
Tabla 41 Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Calcio	80
Tabla 42 Análisis del contenido de Magnesio por tratamiento y bloque	81
Tabla 43 Análisis de varianza con respecto al contenido de Magnesio	83
Tabla 44 Prueba de Tukey para el factor microorganismos en la variable Magnesio.....	83
Tabla 45 Prueba de Tukey para el factor estiércoles en la variable Magnesio.....	84
Tabla 46 Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Magnesio	84
Tabla 47 Análisis del contenido de Sodio por tratamiento y bloque	86
Tabla 48 Análisis de varianza con respecto al contenido de Sodio.....	87
Tabla 49 Prueba de Tukey para el factor microorganismos en la variable Sodio	87

Tabla 50 Prueba de Tukey para el factor estiércoles en la variable Sodio	88
Tabla 51 Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Sodio.....	88
Tabla 52 Análisis del pH por tratamiento y bloque.....	90
Tabla 53 Análisis de varianza con respecto al contenido de pH	91
Tabla 54 Prueba de Tukey para el factor estiércoles en la variable pH	91
Tabla 55 Comparativa de la concentración de nutrientes y propiedades químicas frente a referentes bibliográficos.....	93

Índice de figuras

Figura 1. Croquis del área experimental	44
Figura 2. Evolución de la temperatura diaria por tratamiento	52
Figura 3. Evolución de la temperatura diaria por tratamiento	53
Figura 4. Promedio del contenido de materia orgánica (%) por tratamiento	54
Figura 5. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación a la Materia Orgánica (%)	57
Figura 6. Análisis del contenido de Humedad por tratamiento y bloque (%).....	58
Figura 7. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación a la Humedad (%)	61
Figura 8. Conductividad eléctrica promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	64
Figura 9. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación a la Conductividad Eléctrica	65
Figura 10. Contenido de Nitrógeno promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	66
Figura 11. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al contenido de Nitrógeno.....	68
Figura 12. Contenido de Fósforo promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	70
Figura 13. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Fósforo.....	72
Figura 14. Promedios del contenido de Potasio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	74
Figura 15. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Potasio.....	77
Figura 16. Contenido de Calcio promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	78
Figura 17. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Calcio.....	81
Figura 18. Promedios del contenido de Magnesio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	82
Figura 19. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Magnesio ...	85
Figura 20. Promedios del contenido de Sodio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	86
Figura 21. Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Sodio.....	89

Figura 22 Promedios del potencial de Hidrógeno según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces	90
Figura 23 Interacción de los estiércoles y Microorganismos con relación al pH	92

Índice de anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia	104
Anexo 2. Instrumento de recolección de información	105
Anexo 3. Base de datos.....	107
Anexo 4. Análisis de laboratorio	108
Anexo 5. Análisis de caracterización química	109
Anexo 6. Evidencias fotográficas	110

I. Introducción

Una opción para elevar la calidad del suelo en la agricultura consiste en utilizar abonos del tipo bokashi. Estos abonos elaborados mediante la acelerada descomposición parcial de residuos orgánicos, que contribuyen a enriquecer el suelo con materia orgánica y nutrientes fundamentales como N (nitrógeno), P (fosforo), K (potasio), Ca (calcio), Mg (magnesio), Fe (hierro), Mn (manganeso), Zn (zinc), Cu (cobre) y B (boro). Estos elementos ayudan a mejorar las condiciones físico - químicas del suelo. Uno de los roles fundamentales del Bokashi es introducir una amplia variedad de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras) en el suelo con el fin de enriquecerlo.

Los microorganismos, siendo los seres vivos más antiguos y prevalentes en nuestro planeta. se encuentran en todos los entornos, incluyendo suelo, agua y aire. Desempeñan un papel esencial en todos los ecosistemas al interactuar de manera continua con plantas, animales y seres humanos. En condiciones controladas, los microorganismos presentes en los residuos generan un material que tiene la capacidad de fertilizar las plantas y, simultáneamente, enriquecer el suelo. El desarrollo de poblaciones de microorganismos patógenos en el suelo contribuye al aumento de la biodiversidad microbiana, creando un entorno propicio para el florecimiento de microorganismos benéficos autóctonos.

Este trabajo de investigación permitirá revertir esa dependencia del productor hacia los abonos de origen sintético, mediante la elaboración de abonos de origen orgánico, el productor disponga en el predio agrícola; incorporando en sus ingredientes estiércol de porcino, vacuno y cuyes, además de un insumo no muy valorado a pesar de la riqueza nutricional que posee, nos referimos al bagacillo de caña (desecho de caña de azúcar) que se encuentren disponibles en los valles interandinos de la Sierra. También se añadirán microorganismos autóctonos para acelerar de manera eficiente la descomposición de materiales orgánicos.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

Actualmente la agricultura constituye la principal Nota de empleo del poblador rural de la región de Apurímac, especialmente la provincia de Abancay una de las que aporta a la economía familiar. Dicha actividad demanda el empleo de insumos tales como semillas, mano de obra, recurso hídrico y sobre todo abonos mal preparados o poco descompuestos y por su efectividad adquieren fertilizantes sintéticos y lo usan empíricamente sin tomar en cuenta los requerimientos nutricionales.

La producción agrícola radica principalmente en que no hay concientización en cuanto al uso de fertilizante sintéticos y, por otro lado, la venta irresponsable de las agroveterinarias que sin previo análisis de suelo recomiendan la cantidad de fertilizantes a utilizar, lo que repercute no solo en la economía del agricultor sino también en las propiedades físico – químicas del suelo agrícola logrando deteriorar con el tiempo toda su micro fauna y micro flora.

Aun sabiendo el gran costo que ocasiona el empleo de abonos sintéticos, el productor abanquino y agricultores en general muestra un comportamiento de dependencia hacia estos, por tres razones: primero al alto contenido de macro y micro nutrientes, segundo debido a que obtienen una mayor producción en el corto plazo y, por último, el de mayor importancia que viene a ser la falta de orientación en cuanto a la preparación de abonos orgánicos y la cantidad nutricional que podría contener de acuerdo a los insumos empleados.

El suelo se percibe como un sistema altamente complejo, asemejándose a un microcosmos en el que minerales, materia orgánica (tanto viva como en descomposición), agua y aire coexisten en un espacio compartido, llevando a cabo diversas actividades físico-químicas. La materia orgánica exhibe heterogeneidad debido a sus diversos orígenes y estados variables de descomposición. Los microorganismos presentes en el suelo son agentes que impactan en varios aspectos de este, desempeñando diversas actividades

cada uno de ellos. En este contexto, los microorganismos que participan en descomponer la materia orgánica, el ciclo de nutrientes tiene un impacto significativo. La disponibilidad de nutrientes puede ser influenciada por los microorganismos del suelo, razón por la cual se les reconoce como organismos beneficiosos e imprescindibles en la gestión del suelo y nutrición de las plantas. La realidad cotidiana del productor de la zona muestra un comportamiento de dependencia hacia estos fertilizantes, por dos razones:

- a) Primero por el alto contenido de macro y micro nutrientes y su rápida absorción, pero que a la vez implica una rápida y paulatina degradación del suelo.
- b) Segundo debido a que obtienen una mayor producción en el corto plazo.

De igual manera se ha identificado la falta de orientación y capacitación en cuanto a la elaboración de abonos orgánicos de tipo bocashi. Lo mencionado anteriormente nos lleva a plantearnos las siguientes preguntas de investigación:

2.1.1. Problema general

¿Cómo influye la incorporación de microorganismos autóctonos en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentado del tipo bokashi y sus componentes nutricionales, distrito de Abancay - Apurímac?

2.1.2. Problemas específicos

- ¿Cómo influencia la incorporación de microorganismos eficientes autóctonos en las características físicas de los tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi, distrito de Abancay - Apurímac?
- ¿Cómo influencia la incorporación de microorganismos eficientes autóctonos en las características químicas de los tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi, distrito de Abancay - Apurímac?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de la incorporación de microorganismos autóctonos en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi y sus composiciones nutricionales, distrito de Abancay – Apurímac.

2.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la incorporación de microorganismos autóctonos en las características físicas de tres abonos orgánicos fermentados del tipo Bokashi, distrito de Abancay - Apurímac.
- Determinar la influencia de la incorporación de microorganismos autóctonos en la evaluación de las características químicas de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi, distrito de Abancay - Apurímac.

2.3. Justificación e importancia

La producción de alimentos saludables y de alta calidad se consigue empleando recursos biodegradables en la parcela. Este enfoque tiene como objetivos recuperar la fertilidad del suelo, promover la diversidad biológica, evitar el deterioro del entorno agroecológico y disminuir los gastos de producción. Estos son los elementos que impulsan la utilización de fertilizantes orgánicos, particularmente los del tipo Bokashi. En el proceso de elaboración, al emplear microorganismos eficaces como Nota de inoculación microbiológica, estos fertilizantes facilitan la transformación de los residuos utilizados en nutrientes de alta calidad que están disponibles de inmediato para el suelo y las plantas.

Quiroga y Romano (2010) mencionan que los indicadores de las propiedades físicas, químicas y biológicas son determinantes al evaluar la calidad del suelo. Varios estudios coinciden en que la materia orgánica es el indicador primordial y, sin lugar a dudas, el factor que tiene el impacto más notable en la calidad y productividad del suelo.

A su vez brinda la oportunidad para que las raíces reciban el suplemento adecuado de los nutrientes y asegura la producción a largo plazo. También el empleo de

microorganismos autóctonos enriquece la fertilidad del suelo, Facilitando la absorción de nutrientes por parte de las plantas, asimismo, aceleran la descomposición de materia orgánica.

Lo que este trabajo de investigación pretende como alternativa a los abonos sintéticos, es la elaboración de abonos orgánicos del tipo bokashi empleando tres tipos de insumos aportantes de nutrientes más la incorporación de microorganismos autóctonos, logrando con el tiempo que los productores elaboren sus propios abonos orgánicos del tipo bokashi, empleando los insumos que están a su disposición y muchas veces no valorados.

En este contexto, una opción para enriquecer la productividad del suelo son los Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMA). Estos consisten en una combinación cultivada de microorganismos beneficiosos, presentes de forma natural en el entorno, que se emplea como agente inoculante para incrementar la diversidad microbiológica en suelos y plantas, socialmente se espera lograr una concientización del productor hacia la preparación del abono orgánico bokashi, la misma que repercutirá en Incrementar la productividad del suelo, mejorar las propiedades del cultivo y reducir la contaminación ambiental, por ello se recomienda su implementación y producción como una opción nueva, confiable y sostenible para mejorar los cultivos y optimizar su rendimiento por ser una tecnología de bajo costo.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La incorporación de microorganismos autóctonos influye significativamente en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi en sus composiciones nutricionales, distrito de Abancay – Apurímac.

2.4.2. Hipótesis específicas

- La incorporación de microorganismos autóctonos contribuye significativamente en los parámetros físicos en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi, distrito de Abancay - Apurímac.

- La incorporación de microorganismos autóctonos contribuye significativamente en los parámetros químicos en la elaboración de tres abonos orgánicos fermentados del tipo bokashi en sus composiciones nutricionales, distrito de Abancay - Apurímac.

2.5. Variables

A) Variable independiente: Microorganismos autóctonos

Definición conceptual

Los microorganismos autóctonos comprenden comunidades bacterianas, fúngicas y actinomicetes nativas de los suelos agrícolas y materia orgánica del distrito de Abancay, Apurímac. Estas poblaciones microbianas se caracterizan por su adaptación a las condiciones agroclimáticas locales (altitud de 2,377 msnm, clima templado-subtropical) y su capacidad para participar activamente en los procesos de fermentación, descomposición de materia orgánica y solubilización de nutrientes. Su presencia es clave para optimizar el proceso de producción de abonos orgánicos fermentados tipo bokashi, ya que aceleran la degradación de los residuos y mejoran la biodisponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas.

Definición operacional

Para evaluar su efecto, se aislarán microorganismos autóctonos de muestras de suelo y humus mediante técnicas de dilución seriada y siembra en placas con agar nutritivo y PDA. Las cepas seleccionadas se caracterizarán mediante pruebas bioquímicas que confirmen su actividad celulolítica y proteolítica. Los tratamientos incluirán una inoculación controlada con una suspensión microbiana estandarizada (10^5 UFC/mL) que se comparará con un grupo control sin inoculación. La medición cuantitativa se realizará mediante recuento en placa (UFC/mL) después de 72 horas de incubación a 28°C, mientras que la presencia/ausencia se documentará cualitativamente en cada réplica experimental.

B) Variable independiente: Tipo de estiércol**Definición conceptual**

Los estiércoles de animales domésticos (vacuno, cuy y porcino) constituyen la principal fuente de materia orgánica y nutrientes para la elaboración del bokashi. Cada tipo de estiércol presenta características distintivas: el estiércol vacuno posee una relación carbono/nitrógeno balanceada y alto contenido de fibra; el de cuy se destaca por su riqueza en nitrógeno y rápida descomposición; mientras que el porcino contiene mayor humedad y diversidad microbiana. Estas diferencias influirán directamente en los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del abono final.

Definición operacional

Se recolectarán muestras frescas (<7 días de producción) de cada tipo de estiércol en granjas locales, las cuales se someterán a secado parcial a la sombra durante 48 horas para estandarizar los niveles de humedad (30% aprox.). Cada tratamiento experimental incorporará 20 kg de estiércol (en base seca) como componente principal, manteniendo constantes las demás variables de formulación. La calidad inicial de los estiércoles se verificará mediante análisis proximales que incluyen humedad, materia orgánica y contenido mineral básico.

C) Variable dependiente: Abono orgánico fermentado tipo Bokashi**Definición conceptual**

El bokashi producido constituye un abono orgánico fermentado mediante procesos aeróbicos/anaeróbicos controlados, cuya calidad final se evalúa a través de parámetros físicos (humedad, temperatura, textura) y químicos (contenido nutricional, pH, conductividad eléctrica). Este producto se caracteriza por su elevada concentración de nutrientes asimilables (N, P, K, Ca, Mg), estabilidad microbiológica y propiedades fisicoquímicas que favorecen su aplicación agrícola. Su eficacia como enmienda orgánica depende directamente de las interacciones entre los componentes iniciales (estiércoles, inoculantes) y las condiciones de fermentación.

Definición operacional

Durante la fase de fermentación (21 días), se monitorearán diariamente la temperatura (termómetro digital), humedad (gravimetría) y pH (potenciómetro). Al final del proceso, se analizarán muestras homogeneizadas para determinar: contenido de materia orgánica (combustión a 550°C), macronutrientes (N por Kjeldahl, P por Bray II, K/Ca/Mg por espectrofotometría de absorción atómica), salinidad (conductivímetro) y densidad microbiana (UFC/g). Cada análisis se realizará por triplicado según protocolos estandarizados (AOAC, NOM-021) y se incluirán controles de calidad para garantizar la fiabilidad de los resultados.

D) Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Índice
VI: Microorganismos autóctonos	Presencia de Microorganismos autóctonos	– Con microorganismos – Sin microorganismos	UFC/mL -
Tipo de estiércol	Estiércol de animales domésticos	– Vacuno – Cuy – Porcino	Kg Kg Kg
	Características físicas	– Materia orgánica – Humedad – Temperatura	% % °C
VD: Abono orgánico fermentado tipo Bokashi	Características químicas	– Nitrógeno – Fósforo – Potasio – Calcio – Magnesio – CE – pH	% % % % % dS/m Potencial

Nota. Elaboración propia

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

Peralta-Antonio et al. (2019) publicaron un artículo de investigación titulado “Compost, Bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis”. El objetivo del estudio fue evaluar cómo el compost, el Bokashi y los microorganismos eficientes (EM) afectan la producción de materia fresca y seca en dos cosechas consecutivas de brócoli. El estudio fue realizado de manera experimental, realizando dos cultivos. Al primer cultivo se le aplicaron diferentes tipos de abonos (Compost, compost-EM, compost-Bokashi, EM, Bokashi y un control sin fertilización), mientras que al segundo cultivo no se le administraron fertilizantes orgánicos. Se observó que el grupo que recibió compost, compost-EM y Bokashi produjo una cantidad mayor de materia seca en comparación con el grupo que no fue fertilizado. La utilización de Bokashi y compost, ya sea por separado o en conjunto, condujo a una mayor producción de materia fresca y seca en los cultivos de brócoli (Peralta-Antonio et al., 2019).

Mendívil-Lugo et al. (2019) llevaron a cabo una investigación para la preparación del bokashi con el propósito de examinar su influencia en la germinación y desarrollo del rábano. Se emplearon diversas combinaciones de bokashi, tales como aserrín-mango plátano (BA), mango (BM) y la variante tradicional (BT). Para llevar a cabo la caracterización fisicoquímica, se seleccionó 1 kg de cada variedad de bokashi. En el ensayo de emergencia de semillas de rábano, se utilizó una mezcla de bokashi y turba (1:1 v/v) en charolas de poliestireno, replicado tres veces. El grupo de referencia consistió en suelo agrícola (A). Con el fin de analizar la influencia en la calidad de las plantas, se trasplantaron a mesas organopónicas de madera con una combinación de bokashi y turba en proporción 1:1 (v/v). Se llevó a cabo el riego diario durante un período de un mes. Después de 30 días desde el trasplante, se tomaron medidas de la altura de la planta (en centímetros), el recuento de hojas y la masa seca de las raíces (en gramos). El tratamiento A mostró el índice de germinación más alto para las semillas de rábano. En cuanto al

crecimiento de las plantas, el tratamiento A estimuló la altura y la cantidad de hojas en las plantas de rábano; no obstante, el tratamiento BT propició una mayor acumulación de biomasa seca. En comparación con las semillas germinadas en suelo agrícola, las plantas de rábano que recibieron fertilización con bokashi exhibieron un crecimiento mejorado (Mendivil-Lugo et al., 2019).

Sosoronga (2018) realizó una investigación con el objetivo de contribuir a elevar la fertilidad del suelo en la comunidad La Matara a través de la utilización de Bokashi elaborado con residuos orgánicos provenientes de las Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs). Se realizó un experimento utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, empleando tres niveles de dosis de EM-artesanal y EM-comercial, además de contar con un grupo de control. A través de una encuesta, se identificó que las familias en la comunidad La Matara se dedican al cultivo de productos para autoconsumo, comercializando el excedente en el mercado de Saraguro. También se dedican a la cría de animales, utilizando los residuos de cosechas y el estiércol de animales domésticos como una fuente importante para la producción de abonos. El aumento de las dosis de EM en el abono resultó en incrementos del 21% en los valores de nitrógeno total, un 34% en fósforo, un 132% en potasio y un 12% en materia orgánica, en comparación con el grupo de control, durante una etapa de descomposición del Bokashi que abarcó 30 días. Es relevante destacar la similitud de comportamiento entre el EM-Comercial y el EM-Artesanal. En relación con la relación C/N, se observa una diferencia general de hasta un 10% entre el grupo de control y el EM-Artesanal. Además, el pH de las pilas de Bokashi se mantuvo en rangos permisibles, con valores entre 5.4 y 7.0. Se impartió capacitación a los agricultores de la comunidad La Matara en la elaboración de Bokashi con la incorporación de EM Artesanal (Sosoronga, 2018).

Loarte Enríquez (2017) realizó una investigación titulada “Evaluación de Tres Tipos de Bokashi con la Aplicación de Microorganismos Eficientes, Elaborados con Residuos Orgánicos de las UPAs de la Parroquia Chuquiribamba, del Cantón Loja”. El estudio

enfocado en el Bokashi reveló condiciones químicas óptimas, destacando el tratamiento de Bokashi de 45 días con una dosis de EM Comercial, que logró un pH de 8.69, indicando un ambiente favorable. En lo que respecta al contenido de material orgánico (MO), nitrógeno y potasio, el tratamiento más eficaz fue el Bokashi de 60 días con una dosis de EM Local, obteniendo porcentajes de 30.63%, 1.01%, y 1166.7 ppm, respectivamente. Asimismo, el fósforo alcanzó su concentración más adecuada en el tratamiento de Bokashi de 45 días con dosis de EM Local, registrando 796.84 ppm. En cuanto al calcio, la mejor respuesta se observó en el tratamiento Bokashi de 30 días sin EM, con un valor de 12.2 meq/100 ml, resaltando la influencia de la duración y la ausencia de microorganismos efectivos. En lo que respecta al desarrollo y crecimiento de plantas de hortalizas, se observaron respuestas altamente positivas en el tratamiento de Bokashi de 45 días con dosis de EM Comercial, alcanzando una altura de planta de 17.7 cm. Estos resultados indican que la combinación específica de la duración del Bokashi y la aplicación de microorganismos comerciales impacta positivamente en los atributos químicos del suelo como en el rendimiento de las plantas hortícolas estudiadas (Loarte Enríquez, 2017).

Sarmiento (2019) realizó una investigación con el propósito de evaluar cómo la aplicación de bokashi y microorganismos eficaces (EM) incidía en el rendimiento del cultivo de fresas (*Fragaria x ananassa Duch*) cv. Selva en la zona de Majes, Arequipa, Perú. Se exploraron tres niveles de bokashi, con cantidades de 4, 6 y 8 toneladas por hectárea, así como dos niveles de EM, con volúmenes de 1 y 2 litros de bokashi por unidad. Estos elementos se combinaron para generar seis tratamientos, cada uno de los cuales fue replicado tres veces. Se utilizó un diseño experimental con bloques completos al azar, organizado en un arreglo factorial de 3 x 2 para la investigación. La aplicación de los tratamientos se dividió en dos etapas, realizándose el 50% antes del trasplante de las plantas y el restante 50% 45 días después del trasplante, de forma localizada. Los resultados revelaron que el rendimiento máximo de fresas cv. Selva fue de 6,942 toneladas por hectárea, alcanzado con la combinación de 8 toneladas de bokashi por hectárea y 1

litro de microorganismos eficaces por tonelada de bokashi. Este tratamiento también resultó en la mejor clasificación según calibre, con un 30% en la categoría A (2,083 toneladas por hectárea), 35% en la categoría B (2,430 toneladas por hectárea), 25% en la categoría C (1,7

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Microorganismos del suelo.

Osorio-Vega (2009) afirma que el suelo, en su naturaleza, constituye un ecosistema de gran complejidad. Puede ser concebido como un pequeño universo donde conviven minerales y sustancias orgánicas en diversos estados (viva o en descomposición), junto con agua y aire, compartiendo un espacio caracterizado por una intensa actividad físico-química. De esta manera, el suelo se configura como una amalgama de fases que interactúan de manera estrecha, conformando un sistema único.

La naturaleza de estos minerales y las diversas características físico-químicas resultantes pueden ser observadas debido a su heterogeneidad, la cual se ve influenciada por el nivel de descomposición del suelo. De igual manera, la materia orgánica también se manifiesta en su heterogeneidad, dado que puede originarse en múltiples fuentes y presentar diversos estados de descomposición.

Los microorganismos del suelo desempeñan diversas funciones, particularmente en el proceso de descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Su papel es crucial para determinar la disponibilidad de nutrientes, convirtiéndolos en elementos esenciales en el manejo del suelo y la nutrición de las plantas.

La actividad microbiana en el suelo desempeña un papel esencial en los ciclos biogeoquímicos de elementos fundamentales, como carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), fósforo (P) y azufre (S). Esta diversidad microbiana participa en funciones vitales, tales como la descomposición de materia orgánica y materiales incorporados al suelo, la fijación de nitrógeno atmosférico, la descomposición de minerales, la nitrificación, la solubilización de fósforo, la oxidación de azufre, la producción de antibióticos, y la formación de

asociaciones simbióticas para mejorar la absorción de nutrientes por parte de las plantas. Además, contribuye a la protección contra patógenos y a la biorremediación de contaminantes. En resumen, la actividad microbiana en el suelo no solo es diversa, sino también esencial para mantener la salud y el equilibrio del ecosistema terrestre.

3.2.1.1. Importancia de los microorganismos benéficos.

Según Montaña et al. (2010), los microorganismos desempeñan roles cruciales en procesos ecológicos y biotecnológicos, los cuales son fundamentales para el funcionamiento de los ecosistemas y sectores como la industria farmacéutica, alimentaria y médica. Su función principal radica en la descomposición de la materia orgánica. Además, en el ámbito biotecnológico, los microorganismos han sido utilizados para la obtención y producción de antibióticos de gran relevancia médica, como es el caso de la penicilina.

Luna et al. (2016) mencionan que los microorganismos eficientes (EM) desempeñan un papel crucial en la agricultura al actuar como inóculos que restauran la armonía microbiológica del suelo. Estos microorganismos optimizan sus características físico-químicas, incrementan el rendimiento de los cultivos y brindan protección, promoviendo así una agricultura y un medio ambiente más sostenibles.

Fundases (2014) señala en su publicación que los microorganismos eficientes (EM) constituyen un amplio conjunto de organismos que cumplen diversas funciones en el suelo, contribuyendo a mantener los ciclos de las sustancias. Su labor constante es vital para la vida en el suelo, ya que degradan y transforman materiales para nutrir las plantas, participando activamente en los ciclos biogeoquímicos de la naturaleza.

3.2.1.2. Microorganismos eficientes autóctonos (EMA).

De acuerdo con Acosta (2014) Los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) son cultivos de microorganismos de especies beneficiosas que tienen su origen en bosques libres de contaminación. Contienen bacterias, levaduras y actinomicetos que, al ser inoculados, aceleran la descomposición de desechos inorgánicos en el suelo.

3.2.1.3. Microorganismos eficientes para la fabricación de Bokashi.

De acuerdo con Bioem (2011), los microorganismos eficientes (EM) y sus variantes autóctonas (EMA) desempeñan un papel fundamental en la agricultura al optimizar las propiedades físico-químicas del suelo. La aplicación de abono orgánico tipo Bokashi, elaborado a partir de desechos vegetales y animales, no solo contribuye a preservar la salud del suelo y conservar nutrientes, sino que también acelera el proceso productivo. Los EM, gracias a sus efectos antioxidantes, facilitan la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus, promoviendo así el crecimiento vegetal. Este enfoque sostenible resulta especialmente valioso en la agricultura orgánica, ya que los EM ayudan a eliminar microorganismos patógenos mediante la generación de altas temperaturas durante el compostaje, las cuales pueden alcanzar hasta los 60 °C en el interior de las pilas.

3.2.1.4. Bokashi preparado con EMA.

Según Shintani et al. (2000), el Bokashi EM utiliza microorganismos eficientes como inóculos en lugar de sustrato de bosque, mejorando su calidad y permitiendo su preparación con diversos tipos de desechos orgánicos. Puede elaborarse bajo condiciones aeróbicas o anaeróbicas, dependiendo de los materiales y necesidades específicas. El tiempo de preparación oscila entre 5 y 21 días, y este abono beneficia la producción de cultivos incluso cuando la materia orgánica aún no se ha descompuesto completamente. Al aplicarse al suelo, provee nutrientes y sustancias bioactivas; además, la materia orgánica sirve como alimento para los microorganismos benéficos, lo que contribuye a la regeneración del suelo y a combatir patógenos que afectan a los cultivos.

3.2.2. Bokashi

Shintani et al. (2000) manifiestan que el Bokashi, de origen japonés, cuyo nombre se traduce como “fermento de materia orgánica”, se produce mediante la descomposición aeróbica de materiales vegetales o animales. Su uso incrementa la actividad microbiana del suelo, mejorando sus propiedades físicas y aportando nutrientes esenciales para los cultivos y otras plantas.

Luna et al. (2009) indican que el compostaje de Bokashi es un tipo de abono orgánico que puede elaborarse utilizando materiales locales, lo cual permite adaptarlo según la disponibilidad de insumos en cada región.

Por otro lado, Ramos-Agüero et al. (2014) y Bertoli et al. (2015) coinciden en que el Bokashi es un abono orgánico fermentado elaborado a partir de componentes vegetales y animales. Al aplicarse al suelo, aporta materia orgánica y nutrientes esenciales tales como hierro, nitrógeno, manganeso, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, cobre y boro. Además de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, contribuye a la formación de humus, proporciona carbohidratos esenciales para los microorganismos, favorece el desarrollo típico de las cadenas alimentarias en el suelo y mejora la formación de agregados, lo cual incrementa la permeabilidad del mismo.

Vásquez et al. (2018) destacan que el Bokashi es un fertilizante orgánico reconocido mundialmente. Se obtiene mediante un proceso de fermentación aeróbica que aprovecha desechos vegetales de diversos cultivos como subproductos. Este método no solo representa una solución amigable con el medio ambiente, sino también una alternativa económica para los agricultores. Además, desempeña un papel crucial en el crecimiento de las plantas y ayuda a conservar las propiedades del suelo.

Cabrera (2015) señala que en la elaboración del Bokashi, el compostaje se completa más rápidamente en comparación con el compostaje convencional, y las transformaciones ocurren a temperaturas más bajas, generalmente por debajo de los 50 °C, en un periodo que suele oscilar entre una y tres semanas. Asimismo, requiere un volteo más frecuente, aproximadamente dos veces al día.

Ventajas del bokashi

Cabrera (2016) menciona que el Bokashi posee una abundante carga microbiana positiva que mejora la actividad y diversidad biológica del suelo. Esta mejora facilita la asimilación de nutrientes y maximiza la eficacia de otros fertilizantes. El aumento en la población microbiana incrementa la capacidad de supresión de patógenos y favorece la

salud de los cultivos. Además, al evitar temperaturas elevadas durante su elaboración, se conserva un mayor contenido energético, lo cual contribuye a mantener y mejorar la bioestructura del suelo mediante la formación de agregados. Este método permite utilizar el producto final en un corto período y con costos reducidos. El desarrollo de las plantas se potencia gracias a fitohormonas y fitorreguladores naturales activados por los fertilizantes fermentados, sin requerir grandes inversiones en infraestructura rural.

3.2.2.1. Desventajas del bokashi.

Según Cabrera (2016), el Bokashi es un fertilizante orgánico inestable, ya que la descomposición parcial de la materia orgánica puede afectar negativamente la germinación o causar daño a cultivos ya establecidos. Esto se debe a la posible presencia de altas concentraciones de ácidos orgánicos, amoníaco o sales. Por esta razón, no se recomienda su aplicación directa en la siembra ni en la germinación de semillas. Se sugiere emplearlo únicamente cuando haya alcanzado su madurez para evitar riesgos asociados a patógenos e insectos indeseados, dado que durante su proceso no se alcanzan temperaturas elevadas que permitan eliminar estos agentes.

3.2.2.2. Bokashi como alternativa nutricional para suelos y plantas.

Restrepo (2010) indica que la producción de abonos orgánicos fermentados, como el Bokashi, consiste en realizar una descomposición parcial aeróbica de residuos orgánicos utilizando los microorganismos presentes en dichos materiales, bajo condiciones controladas. Este proceso genera un producto con descomposición gradual y parcialmente estable que actúa como fertilizante para las plantas y, simultáneamente, enriquece el suelo.

3.2.2.3. Contenido nutricional del Bokashi.

Ramos y Terry (2014) señalan que la composición química y el contenido nutricional del Bokashi varían según los materiales orgánicos utilizados en su elaboración, destacándose por sus beneficios en la promoción de la microbiología del suelo y la restauración de su estructura. A continuación, se presenta una tabla con el contenido de nutrientes de diversos tipos de Bokashi elaborados en cuatro ubicaciones diferentes:

Tabla 2.**Contenido de nutrimentos en diferentes tipos de Bokashi**

Referencia	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn	B
2	1,60	0,40	2,20	1,00	0,70	15175	32	500	108	ND
32	1,18	0,70	0,50	2,05	0,21	2304	19	506	61	18
41	2,18	0,83	0,60	2,41	0,56	3,57*	71	963	117	ND
42	2,00	0,19	5,30	0,54	0,15	643	5,70	747	16,8	ND

Nota. Ramos Agüero & Terry Alfonso (2014)

* Valor expresado en porcentaje. ND: no determinado

Según Cerrato et al. (2007), los fertilizantes orgánicos representan una alternativa efectiva frente a los fertilizantes minerales para suministrar los nutrientes esenciales a los cultivos. Sin embargo, es fundamental comprender el potencial de cada fertilizante para evitar desequilibrios en la composición de sus elementos tras su aplicación al suelo. Además, resultan más beneficiosos y económicos cuando se producen utilizando residuos agrícolas locales, lo que evita costos asociados al transporte a largas distancias.

3.2.3. Estiércoles

Herrera, Alfonso y Agüero (2015) señalan que los estiércoles son una mezcla compuesta por heces y orina de animales domésticos, pudiendo incluir residuos de materiales utilizados como lecho. Pueden provenir de diversas especies ganaderas, tales como ovejas, cabras, vacas, cerdos, caballos y mulas. Asimismo, también se incluyen dentro de esta categoría los estiércoles de aves de corral, como el de pollo (pollinaza), el de vaca (bovinaza) y el de caballo (equinaza).

De igual manera, Tóala (2013) indica que este tipo de abono está conformado por una combinación de materia fecal derivada del sistema digestivo de los animales, que incluye restos no digeridos de alimentos, enzimas, fluidos gástricos y pancreáticos, células intestinales, así como bacterias vivas e inactivas del colon y subproductos metabólicos. Su uso en el suelo favorece el aporte de nutrientes, incrementa la capacidad de retención de

humedad y estimula la actividad biológica del suelo, lo cual contribuye al aumento de su fertilidad y productividad.

Almasa (2003) afirma que los nutrientes presentes en el estiércol varían significativamente dependiendo de múltiples factores, entre ellos: el tipo y propósito de cría del animal, la composición y cantidad del material utilizado en la cama, el tipo de sistema de alojamiento, la alimentación, el consumo de agua del animal, así como su edad, género y estado fisiológico. También influyen en su calidad el método de recolección, tratamiento y el tiempo de almacenamiento del estiércol.

Tabla 3.

Composición química de estiércoles de animales de granja

Espece animal	Materia seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O%	CaO%	MgO%	SO ₄ %
Vacunos (f)	6	0,29	0,17	0,10	0,35	0,13	0,04
Vacunos (s)	16	0,58	0,01	0,49	0,01	0,04	0,13
Ovejas (f)	13	0,55	0,01	0,15	0,46	0,15	0,16
Ovejas (s)	35	1,95	0,31	1,26	1,16	0,34	0,34
Caballos (f)	24	1,55	0,35	1,50	0,45	0,24	0,06
Caballos (s)	10	0,55	0,01	0,35	0,15	0,12	0,02
Cerdos (s)	18	0,60	0,61	0,26	0,09	0,10	0,04
Camélidos (s)	37	3,60	1,12	1,20	s.i	s.i	s.i
Cuyes (f)	14	0,60	0,03	0,18	0,55	0,18	0,10
Gallina (s)	47	6,11	5,21	3,20	s.i	s.i	s.i (f)

(f) fresco, (s) seco, (s. i) sin información

Nota. Tapia y Fries (2007), cita SEPAR, 2004. Boletín estiércoles.

3.3. Definición de términos

- 1. Agricultura orgánica.** Según IFOAM (2005), la agricultura orgánica es un sistema de producción agrícola que prioriza prácticas sostenibles y métodos naturales, evitando el uso de productos químicos sintéticos como pesticidas, herbicidas y fertilizantes artificiales. En su lugar, se enfoca en técnicas que respetan el equilibrio ecológico, fomentan la biodiversidad y mantienen la salud del suelo, promoviendo así un enfoque más respetuoso con el medio ambiente.
- 2. Abonos orgánicos.** Según Medina (2010), señala que los abonos orgánicos son sustancias naturales derivadas de materiales orgánicos, como residuos de plantas

y animales, que se utilizan para mejorar la fertilidad del suelo y proporcionar nutrientes esenciales a las plantas. Estos abonos son una alternativa a los fertilizantes químicos y son una parte fundamental de la agricultura orgánica y sostenible.

3. **El suelo.** (Coronado, 2017) describe el suelo como un organismo vivo, rico en vida microbiana y mesofauna. Desde esta perspectiva, el suelo actúa como proveedor de nutrientes y compuestos esenciales para las plantas, las cuales aportan la materia orgánica necesaria para mantener la vida, la fertilidad y la estructura del suelo. Este ciclo genera condiciones biológicas, físicas y de aireación óptimas para el crecimiento y nutrición de las plantas, favoreciendo así la germinación de nuevas generaciones de semillas.
4. **Relación entre plantas y microorganismos.** Como indican (Pérez & Chamorro, 2012), las plantas establecen diversas relaciones con microorganismos, tanto interna como externamente. Por ejemplo, mantienen relaciones beneficiosas con hongos como las micorrizas, formando vínculos simbióticos que favorecen la movilización de nutrientes alrededor de sus raíces. En particular, las leguminosas desarrollan relaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno, interactuando con organismos como *Azotobacter*, *Beijerinckia*, *Bacillus*, *Pseudomonaceas*, *Spyrillum*, *Rhodotorula* y algas cianofíceas. La rizosfera, ubicada en la zona de las raíces, alberga una diversidad de microorganismos, incluyendo bacterias, hongos y actinomicetos. Estos microorganismos se benefician de las excreciones radiculares de las plantas, que proporcionan sustancias nutritivas como enzimas, aminoácidos y proteínas. A cambio, las plantas absorben directamente los nutrientes necesarios para su desarrollo.
5. **Fertilización orgánica.** (Martínez et al., 2018), opinan que los biofertilizantes estimulan la fijación de nitrógeno y la solubilización de nutrientes, como fósforo y potasio, lo que podría resultar en la disminución de los gastos de producción, el

incremento de los rendimientos y el respaldo de aspectos ecológicos en los agroecosistemas tropicales. En la opinión de (Sánchez, 2013), los biofertilizantes se aplican a las semillas de cultivos vegetales o al suelo con el propósito de aumentar la población de microorganismos y acelerar los procesos microbiológicos. De esta manera, se incrementa la disponibilidad de nutrientes para las plantas y se optimizan los procesos fisiológicos que afectan el desarrollo y rendimiento de los cultivos. Además, el uso de biofertilizantes emerge como una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo y proteger los cultivos vegetales, generando un aumento sustancial en la productividad agrícola.

6. **Estiércol.** Según la FAO (2013), en su publicación “Manual de Compostaje para el agricultor”, señala que el estiércol, compuesto principalmente por excrementos y orina de animales domésticos, se utiliza como material orgánico para enriquecer el suelo, a menudo combinado con materiales vegetales como paja, heno o material de cama animal. Aunque el estiércol contiene niveles más bajos de nitrógeno, fósforo y potasio en comparación con los fertilizantes sintéticos, estos nutrientes están presentes en forma orgánica. Se puede aplicar en mayores cantidades para atender los requerimientos del cultivo, este tipo de sustrato es abundante en materia orgánica, lo cual eleva la fertilidad del suelo y optimiza su capacidad para retener y absorber agua.
7. **Estiércol de cuy.** Molina (2012), en relación con el estiércol de cuy, plantea que su aplicación ofrece diversos beneficios, particularmente en la elaboración de fertilizantes orgánicos, esto se debe a sus propiedades nutritivas elevadas, destacando en especial la presencia de elementos menores. El estiércol de cuy se considera altamente efectivo, al igual que el de caballo, y presenta beneficios tales como la falta de olores desagradables, la ausencia de atracción para las moscas y su formato en polvo. Este tipo de abono orgánico resulta crucial para su implementación en cultivos de manera ecoamigable, sin causar impactos negativos

en el entorno. Asimismo, (Narea et al. 2002), mencionan que el estiércol proveniente de cuyes puede ser utilizado gracias a su contenido mineral y nivel de humedad, en contraste con otras variedades. Según el INIA, el estiércol exhibe una mayor concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, que son nutrientes fundamentales para el crecimiento de las plantas. Además, su bajo nivel de humedad contribuye a su durabilidad.

- 8. Estiércol de vacuno.** CEDECO (2005), publica que el estiércol de vacuno presenta aproximadamente 1.1-3% de nitrógeno (N), 0.3-1% de fósforo (P) y 0.8-2% de potasio (K). Estas sustancias se liberan gradualmente, a diferencia de los fertilizantes químicos, y alrededor de la mitad de los nutrientes del estiércol bovino se liberan en el primer año. La composición nutricional del estiércol puede variar según la especie animal, su alimentación, y los métodos de almacenamiento y su aplicación. Pasolac (2007), menciona que, además el estiércol de ganado vacuno presenta un contenido del 83.2% de humedad, 1.67% de nitrógeno, 1.08% de fósforo y 0.56% de calcio.
- 9. Estiércol de porcino.** Castillo (2001), señala que este material orgánico es valioso en la agricultura debido a su contenido en nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo y potasio, que son beneficiosos para el crecimiento de las plantas. Al igual que otros estiércoles, el estiércol de porcino también aporta materia orgánica al suelo, mejora su estructura, favorece la retención de agua y estimula la actividad microbiana. Estas propiedades contribuyen al enriquecimiento del suelo y a la mejora de su salud.
- 10. Microorganismos eficientes.** (Hoyos et al., 2008), indican que los microorganismos eficientes son productos líquidos formulados que comprenden al menos 80 especies de microorganismos, que incluyen formas aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas, se caracteriza por su capacidad para coexistir de manera cooperativa como comunidades microbianas. Al respecto

FUNDASES (2014), indican que los ME se componen de cinco grupos microbianos generales:

- 11. Microorganismos eficientes autóctonos (EMA).** Al respecto (Acosta, 2014) señala que los microorganismos eficientes autóctonos (EMA) son cultivos microbianos compuestos por diversas especies de microorganismos benéficos, como bacterias fototrópicas, bacterias ácidolácticas, levaduras y actinomicetos, que se encuentran en bosques puros no contaminados. Estos EMA, al ser inoculados en el suelo o en la elaboración de abonos orgánicos, actúan como aceleradores en la descomposición de desechos orgánicos. Además, destaca que los EMA se emplean en prácticas agrícolas sostenibles, como la producción de abonos orgánicos y biofertilizantes, con el fin de mejorar la fertilidad del suelo, incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas y promover el manejo sostenible de los cultivos. Su aplicación puede reducir el uso de fertilizantes químicos y mejorar la calidad del suelo en sistemas agrícolas.
- 12. Bokashi.** Soto (2002), menciona que el Bokashi es una combinación japonesa empleada en la elaboración de abono orgánico. La receta primigenia incluye una bolsa de carbón vegetal molido, otra de gallinaza, una de cascarilla de arroz, otra de semolina de arroz y tres bolsas de tierra, junto con dos litros de melaza disuelta en cuatro litros de agua. No obstante, esta receta ha experimentado diversas adaptaciones según las condiciones específicas de las parcelas de los agricultores. El (ICTA, 2010) Describe el Bokashi es un fertilizante orgánico reconocido por su proceso de fermentación suave, que alcanza la madurez de forma rápida. Su aplicación en las plantas favorece el desarrollo y crecimiento de estas. Según el (CENTA, 2011), los nutrientes generados a través de la fermentación de los elementos en el Bokashi abarcan tanto elementos mayores como menores, constituyendo un fertilizante completo que supera a los productos químicos. Este tipo de abono no solo enriquece la calidad del suelo, sino que también, con la ayuda

de los microorganismos presentes, facilita la disponibilidad de minerales para que las plantas los absorban.

Insumos para preparación de abono tipo bokashi. Al respecto (Ramos Agüero et al, 2014), en la revista Cultivos Tropicales, mencionan que los insumos para la elaboración del bokashi a los siguientes:

- a)** Suelo o turba: ingrediente que no debe faltar en la formulación del abono orgánico, provee los microorganismos necesarios para la transformación de los desechos.
- b)** Estiércol de ganado: son las fuentes principales de nutrimentos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y micro nutrimentos.
- c)** Ceniza: proveen altas cantidades de potasio, esta puede ser obtenida de los fogones o estufas caseras que funcionan con leña.
- d)** Cal: se emplea como enmienda para neutralizar la acidez de los estiércoles y materiales verdes que se usan y constituye una Nota de calcio y magnesio.
- e)** Melaza: sirve como Nota de energía para los microorganismos que descomponen los materiales orgánicos. Además, provee cierta cantidad de boro, calcio y otros nutrimentos.
- f)** Residuos vegetales: constituyen una Nota rica de nutrimentos para los microorganismos.
- g)** Suero o ácido láctico: es un derivado de la leche, es un fuerte esterilizante y supresor de microorganismos nocivos. Además, posee propiedades hormonales y fungistáticas, es buen descomponedor de materia orgánica.
- h)** Levaduras: producen sustancias bioactivas, tales como hormonas y enzimas que promueven la división celular y el crecimiento radicular.
- i)** Carbón triturado o en polvo: contribuye a mejorar las características físicas del abono orgánico como la aireación, absorción de calor y humedad. Actúa como una esponja reteniendo, filtrando y liberando poco a poco los nutrimentos.

- j) Agua: favorece en la creación de condiciones óptimas para el desarrollo de la actividad y reproducción de los microorganismos durante la fermentación.

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El trabajo de investigación fue de enfoque cuantitativo, ya que se empleó la estadística para alcanzar los resultados y analizar las relaciones entre las variables. Asimismo, fue de tipo aplicada, puesto que el enfoque involucró la manipulación deliberada de variables para examinar el impacto de la incorporación de microorganismos autóctonos en tres variantes de bokashi elaborado con estiércol de vacuno, cuy y porcino. Este diseño buscó generar conocimientos útiles y directamente aplicables al aprovechamiento de residuos agropecuarios.

4.1.2. Nivel de investigación

El estudio fue de nivel explicativo, dado que los datos recopilados sirvieron para detallar cómo influyó la incorporación de microorganismos autóctonos eficientes en las características físico-químicas del bokashi y su capacidad de optimizar el uso de residuos agropecuarios.

4.1.3. Metodología de la investigación

a) Asignación de tratamientos

Tabla 4.

Diseño factorial de los tratamientos en estudio

Microorganismos autóctonos eficientes	Presencia	Tipo de estiércol		
		vacuno	cuy	porcino
	Sin EMA	T1	T3	T5
	Con EMA	T2	T4	T6

Nota. Elaboración propia

La Tabla 4 presenta un diseño factorial que combina dos niveles de presencia de microorganismos autóctonos eficientes (EMA): sin EMA y con EMA, con tres tipos de estiércol: vacuno, de cuy y porcino, dando un total de seis tratamientos (T1 a T6). Cada combinación permite evaluar el efecto individual de los EMA y del tipo de estiércol, así

como su posible interacción en el resultado del estudio, como podría ser la calidad del abono o el crecimiento de las plantas.

Tabla 5

Descripción de los tratamientos

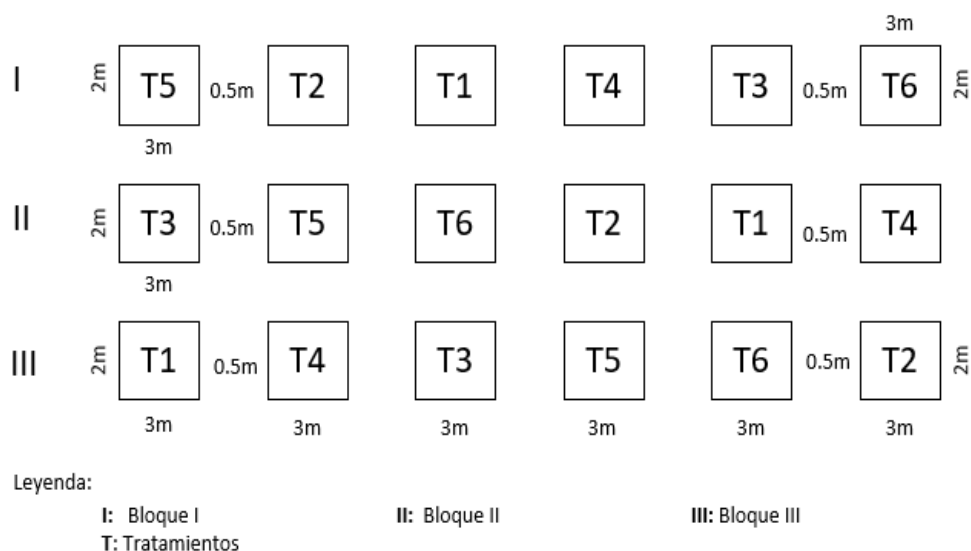
Tratamiento	Descripción de los tratamientos (bokashi)
T1	Estiércol de vacuno + bagacillo de caña, tierra turba, afrecho, levadura, melaza, carbón vegetal y ceniza.
T2	Estiércol de vacuno + bagacillo de caña, tierra turba, afrecho, levadura, melaza, carbón vegetal, ceniza + 750 ml de microorganismos autóctonos.
T3	Estiércol de cuy + bagacillo de caña, tierra turba, afrecho, levadura, melaza, carbón vegetal y ceniza.
T4	Estiércol de cuy + bagacillo de caña, tierra turba, afrecho, levadura, melaza, carbón vegetal, ceniza + 750 ml de microorganismos autóctonos.
T5	Estiércol de porcino + bagacillo de caña, tierra turba, afrecho, levadura, melaza, carbón vegetal y ceniza.
T6	Estiércol de porcino + bagacillo de caña, tierra turba, afrecho, levadura, melaza, carbón vegetal, ceniza + 750 ml de microorganismos autóctonos.

Nota. Elaboración propia

b) Croquis del área experimental

Figura 1.

Croquis del área experimental



Nota. Elaboración propia

c) Diseño experimental

Este estudio empleó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de dos factores, seleccionado por su capacidad para controlar la variabilidad ambiental y analizar simultáneamente los efectos individuales y combinados de los factores de interés. El diseño combinó dos factores principales: la presencia de microorganismos autóctonos (con dos niveles: inoculados y control) y el tipo de estiércol (con tres niveles: vacuno, cuy y porcino), generando seis tratamientos experimentales. Cada combinación de tratamiento fue replicada tres veces, resultando en un total de 18 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente dentro de tres bloques definidos por períodos temporales de fermentación.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Ámbito temporal

La investigación se desarrolló en un intervalo de 1 mes, desde la instalación hasta la obtención del abono tipo bokashi en estudio

4.2.2. Ámbito espacial

El presente estudio se desarrolló en el distrito de Abancay, provincia homónima, ubicada en la región de Apurímac, Perú. Esta área de estudio presenta características geográficas y ambientales particulares que la convierten en un espacio idóneo para la investigación.

Ubicación geográfica y características ambientales: Abancay se sitúa en las coordenadas 13°38'00" Sur y 72°53'00" Oeste, en plena vertiente oriental de la Cordillera de los Andes. La zona presenta una altitud promedio de 2,377 metros sobre el nivel del mar, con un relieve predominantemente quebrado y variaciones altitudinales significativas. El área de estudio corresponde a la cuenca del río Pachachaca, afluente directo del río Apurímac, que a su vez forma parte de la gran cuenca hidrográfica del Amazonas.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población en este experimento estuvo constituida por un total de 200 kg de bokashi, producto de 18 tratamientos experimentales. Cada tratamiento se diseñó con base en la combinación de microorganismos autóctonos eficientes (EMA) y distintos tipos de estiércol (vacuno, cuy y porcino). Esta población representó todo el volumen de bokashi producido durante el estudio, abarcando las variaciones entre los tratamientos. En términos estadísticos, la población total correspondió a 200 kg, que fue el conjunto completo sobre el cual se realizaron los análisis y se generaron las conclusiones.

4.3.2. Muestra

Para los análisis de laboratorio, se seleccionó una muestra de 18 kg de bokashi, lo que representó el 9% de la población total. La muestra se distribuyó de manera equitativa entre los 18 tratamientos, con 1 kg de bokashi de cada tratamiento, aplicando un muestreo estratificado. Este procedimiento garantizó que cada tratamiento estuviera representado de manera proporcional en la muestra, asegurando que no existieran sesgos en la selección. Desde el punto de vista estadístico, la muestra representó el 0.5% de la población por cada tratamiento, lo que permitió que los resultados fueran representativos de todos los tratamientos experimentales.

4.4. Instrumentos

Para la captura de microorganismos y la preparación del abono tipo bokashi, se empleó la técnica de observación directa, realizada diariamente para registrar información detallada sobre el proceso. Se recopilaron utilizando los siguientes instrumentos:

- Cámara fotográfica: para documentar visualmente las actividades.
- Termómetro digital: para registrar las temperaturas en los tratamientos.
- Libreta de campo: para anotar datos cuantificados, como temperaturas, horarios de riegos y volteos.

4.5. Procedimientos

a) Obtención de microorganismos autóctonos. Los microorganismos autóctonos se obtuvieron mediante el uso de trampas de arroz. Para ello, se cocieron 2 kg de arroz, que fueron distribuidos de manera proporcional en ocho tarros de plástico, llenándolos hasta $2/3$ de su capacidad. Cada recipiente fue cubierto con tela de nylon asegurada con bandas elásticas. Los tarros se enterraron a una profundidad de 10 cm en suelos saludables ubicados en la ribera del río Mariño y en el sector de Pucapuca, y se cubrieron con hojarasca de la zona. Durante un período de dos semanas, los microorganismos colonizaron el arroz. Posteriormente, el arroz colonizado fue licuado y mezclado con azúcar rubia en 12 litros de agua hervida fría para su activación, obteniéndose así la solución madre. Una muestra de esta solución fue enviada a la Universidad Agraria La Molina, en la ciudad de Lima, para su análisis, obteniéndose los siguientes resultados:

Recuento de aerobios mesófilos viables (UFC/mL): 10

Actividad microbiana ($\text{mg CO}_2 \text{ mL}^{-1} \text{ h}^{-1}$): 0.00010

b) Ingredientes y elaboración del abono tipo Bokashi (insumo básico). La elaboración del abono tipo bokashi requirió de insumos básicos obtenidos localmente, los cuales se detallan en la Tabla 6. Estos insumos, incluidos diferentes tipos de estiércol (vacuno, cuy y porcino) y microorganismos autóctonos eficientes (EMA), fueron cuidadosamente medidos y preparados según el diseño de los tratamientos experimentales. La correcta proporción y mezcla de los ingredientes fue fundamental para garantizar una fermentación eficiente, asegurando que cada tratamiento se llevara a cabo bajo condiciones controladas y replicables, lo que permitió evaluar adecuadamente su impacto.

Tabla 6.**Insumos básicos utilizados en el estudio**

Ingredientes de la zona	Cantidad
– 72 sacos de tierra negra o turba (04 sacos x tratamiento)	40 kg c/saco
– 72 sacos bagacillo de caña desmenuzado (04 sacos x tratamiento)	17 kg c/saco
– 24 sacos de estiércol de vacuno (04 sacos x tratamiento)	11 kg c/saco
– 24 sacos de estiércol de cuy (04 sacos x tratamiento)	15 kg c/saco
– 24 sacos de estiércol de porcino (04 sacos x tratamiento)	17 kg c/saco
– Afrecho (20 kg x tratamiento)	360 kg
– Carbón vegetal triturado (20 kg por tratamiento)	360 kg
– Jarabe de caña de azúcar (1 litro por tratamiento)	360 kg
– Ceniza (2 kg por tratamiento)	18 Lt
– Levadura para elaboración de pan (100 gr. por tratamiento)	36 Kg
– Agua de regadío	1.8 Kg
– Microorganismos autóctonos diluido (750 ml por tratamiento)	Lo necesario
– Mantas de plástico de arpillera	6750 ml
	18 unidades

Nota. Elaboración propia

c) Elaboración del abono tipo Bokashi.

Para la elaboración del bokashi, se preparó una superficie plana protegida de la acción del sol y la lluvia. Los ingredientes fueron incorporados en capas sucesivas siguiendo este orden: tierra negra, bagacillo de caña, estiércol (vacuno, cuy y porcino), afrecho, carbón vegetal, ceniza, levadura, y los microorganismos autóctonos (EMA) en los tratamientos T2, T4 y T6. Posteriormente, se añadió agua para humedecer la mezcla y se procedió a mezclarla hasta obtener una homogeneidad adecuada.

Se utilizó la prueba del puño para determinar el punto óptimo de humedad: un puñado de la mezcla debía formar un churrito que se desmoronara rápidamente al soltarlo, dejando la mano húmeda. Una vez lista, la mezcla fue cubierta con plástico de arpillera para su fermentación.

Durante los primeros 7 días, se realizaron 3 volteos diarios (8:00 am, 1:00 pm y 5:30 pm) para evitar que la temperatura superara los 50 °C. En la segunda semana, se redujeron a 2 volteos por día (mañana y tarde). A partir del día 15, se efectuó un volteo diario hasta el día 20. Al finalizar este periodo, la mezcla alcanzó su maduración, presentando una temperatura equivalente al entorno, un tono gris claro, textura seca

semejante al polvo arenoso, y una consistencia suelta. Finalmente, los datos recopilados fueron digitados, tabulados y preparados para su análisis, con el fin de evaluar los resultados obtenidos en cada tratamiento.

4.6. Análisis de datos

La información obtenida fueron ordenadas y tabuladas en una base de datos, para lo cual se hizo uso del software estadístico R-Studio, para determinar estadísticos como el promedio, desviación estándar, coeficiente de variabilidad, ANOVA y prueba de Tukey. Para su posterior presentación de manera más efectiva a través de tablas y gráficos con su respectiva interpretación y análisis.

El modelo lineal correspondiente es:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + A_j + B_k + (AB)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Tabla 7.

Análisis de varianza de los promedios de los tratamientos

Nota de variación	Grados libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	F	P - valor
Factor A	a - 1	$\sum \frac{(\sum y_{i..})^2}{br} - \frac{(\sum y_{...})^2}{abr}$	$\frac{SC_A}{GL_A}$	$\frac{CM_A}{CM_E}$	
Factor B	b - 1	$\sum \frac{(\sum y_{.j})^2}{ar} - \frac{(\sum y_{...})^2}{abr}$	$\frac{SC_B}{GL_B}$	$\frac{CM_B}{CM_E}$	
Interacción A*B	(a-1)(b-1)	$\sum \frac{(\sum y_{ij})^2}{r} - \frac{(\sum y_{...})^2}{abr} - SC_A - SC_B$	$\frac{SC_{AB}}{GL_{AB}}$	$\frac{CM_{AB}}{CM_E}$	
Error	Por diferencia	Por diferencia	$\frac{SC_E}{GL_E}$		
Total	abr-1	$\sum y^2 \dots - \frac{(\sum y_{...})^2}{abr}$			

Nota. Elaboración propia

Si $F_c > F_t$ entonces existe al menos dos tratamientos que son diferentes significativamente.

4.7. Consideraciones éticas

La presente investigación se realizó considerando en todo momento los principios y lineamientos éticos y de conducta responsable decretado por la Universidad Tecnológica de los Andes para el caso de investigaciones científicas.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

5.1.1. Evaluación de resultados de los parámetros físicos en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados tipo Bokashi, distrito de Abancay - Apurímac.

La calidad de los abonos orgánicos ayuda a mejorar tanto la estructura como la fertilidad del suelo mediante la introducción de nutrientes y microorganismos, estas características están directamente relacionadas con los parámetros físicos del bokashi como el contenido de MO y la humedad que presenta como producto final, listo para su incorporación al suelo.

Tabla 8.

Evaluación de parámetros físicos del abono orgánico tipo Bokashi

Abonos	Tratamientos	MO (%)	Hd (%)	T (°C)*
Insumo básico + estiércol vacuno	T1 sin EMA	17.33	6.41	35.75
	T2 con EMA	20.15	6.76	37.67
Insumo básico + estiércol cuy	T3 sin EMA	15.31	5.78	36.52
	T4 con EMA	16.94	4.28	38.10
Insumo básico + estiércol porcino	T5 sin EMA	15.12	5.33	35.52
	T6 con EMA	13.31	5.88	37.57

Nota. Elaboración propia en base a resultados de análisis de suelo por UNALM y toma diaria de temperatura. (*) promedio.

La información presentada en la tabla 8, se determina que el bokashi elaborado con los tres tipos de estiércol e incorporando EMA, presenta mejores resultados en los parámetros físicos analizados de los diferentes tratamientos en estudio. En relación a la materia orgánica (MO) el mejor resultado lo presenta el T2 (20.15%), con estiércol de vacuno + EMA, seguido de los tratamientos con estiércol de cuy y porcino más EMA, respectivamente. De igual manera en relación a la humedad, presenta mayor porcentaje el tratamiento T2 (6.76%), seguido del tratamiento T6 (5.88%), con estiércol de vacuno y porcino + EMA respectivamente. Podemos mencionar que es notorio el efecto positivo que causa la incorporación de los EMA en las características físicas del Bokashi en los tres tipos de estiércoles.

Temperatura (°C)

Uno de los factores fundamentales que intervienen durante la elaboración del abono orgánico tipo bokashi es la temperatura. Biopunto (2021), publican que el objetivo principal del abono tipo bokashi además de activar y aumentar la presencia de microorganismos benéficos en el suelo, es también nutrir el cultivo, haciendo que los nutrientes presentes en la materia orgánica utilizada estén a disposición del mismo, mediante un proceso fermentativo antioxidante con una temperatura máxima que oscila entre 40°C y 50°C. Los niveles de temperatura están en función al incremento de la actividad microbiológica presentes en la elaboración del abono.

Tabla 9.

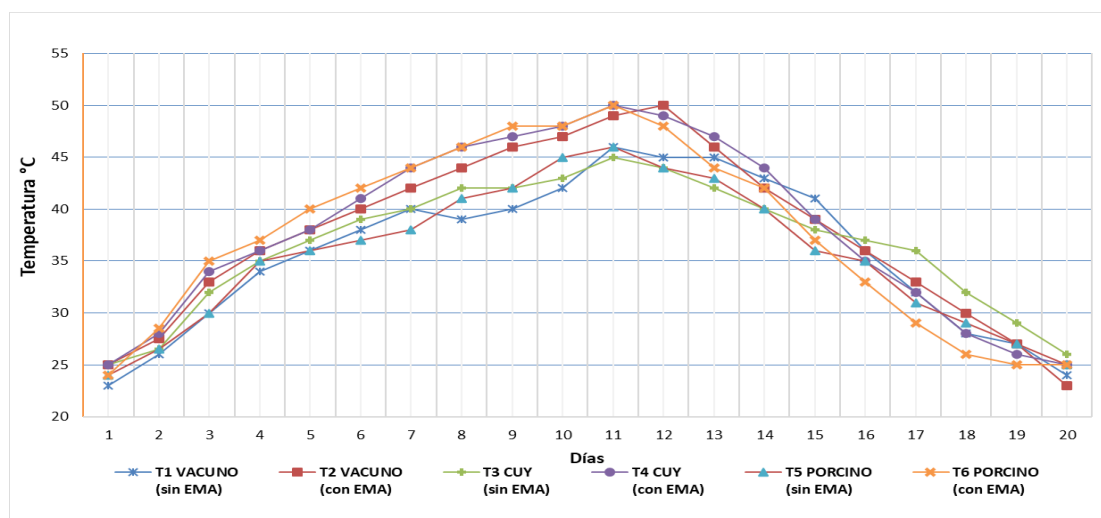
Temperatura diaria del proceso de elaboración del bokashi

Lectura diaria de la temperatura (°C)																				
Trat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T1	23	26	30	34	36	38	40	39	40	42	46	45	45	43	41	36	32	28	27	24
T2	25	27.5	33	36	38	40	42	44	46	47	49	50	46	42	39	36	33	30	27	23
T3	25	26.5	32	35	37	39	40	41	42	43	45	44	42	40	38	35	36	29	29	25
T4	25	28	34	36	38	41	44	46	47	48	50	49	47	35	39	28	32	29	26	25
T5	24	26.5	30	35	36	37	38	41	42	45	46	44	43	42	36	33	31	26	27	25
T6	24	28.5	35	37	40	42	44	46	48	48	50	48	44	42	37	33	29	26	25	25

Nota. Elaboración propia en base a toma de temperatura diaria

Figura 2.

Evolución de la temperatura diaria por tratamiento



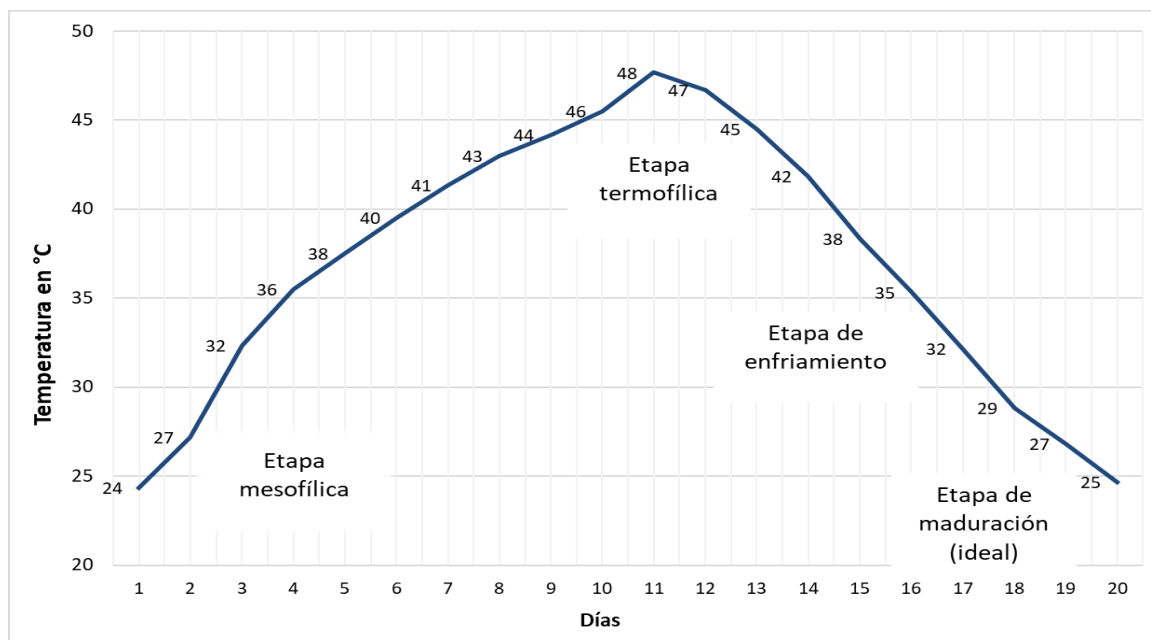
Nota. Elaboración propia en base a registro de temperatura diaria.

La temperatura inicial más baja fue de 23 y 24°C, la cual fue registrada para los tratamientos T1, T5 y T6. El resto de los tratamientos presentó temperaturas al inicio del experimento de 25 °C. Los tratamientos presentan un aumento constante en sus temperaturas entre los días 9 hasta el día 12.

La temperatura máxima alcanzada fue de 50°C, la cual se registró entre los días 9 y 12 (T2), el resto de los tratamientos presentó temperaturas entre 44 a 49°C. Posterior a estos picos de temperatura, los 6 tratamientos presentan un descenso continuo en sus temperaturas. Los tratamientos T1, T3, T5 y T6 finalizan el experimento con temperaturas mayores a las registradas al inicio. Mientras que los demás tratamientos no registran una variación marcada en sus temperaturas iniciales y finales. Se puede notar que los tratamientos que se inocularon EMA a partir del día 13 muestran un descenso de la temperatura.

Figura 3.

Evolución de la temperatura diaria por tratamiento



Nota. Elaboración propia para la investigación

a) Contenido de Materia orgánica (%)

Tabla 10.

Análisis descriptivo del contenido de materia orgánica (MO) por tratamiento y bloque

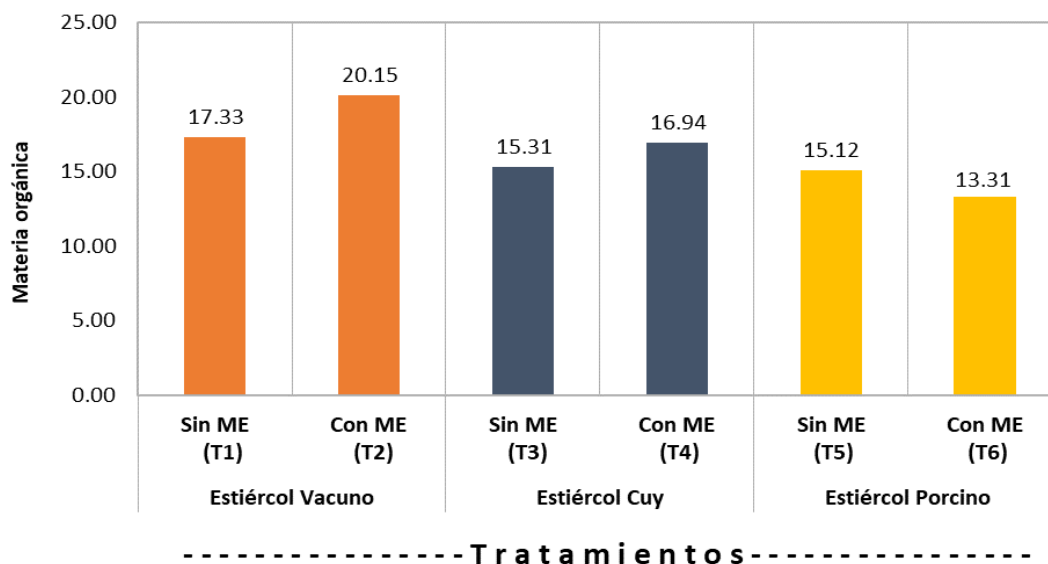
	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	17.45	20.49	15.67	16.76	14.94	13.76
Bloque II	17.50	20.26	14.27	17.43	15.30	13.90
Bloque III	17.03	19.71	15.99	16.62	15.12	12.28
Total	51.98	60.46	45.93	50.81	45.36	39.94
Promedio	17.33	20.15	15.31	16.94	15.12	13.31
Desv. Estándar	0.26	0.40	0.91	0.43	0.18	0.90

Nota. Los valores representan el porcentaje de materia orgánica registrado en cada bloque por tratamiento. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **tabla 10**, podemos ver el valor porcentual de MO (materia orgánica) en cada tratamiento y sus repeticiones, en donde podemos apreciar que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₂ y T₄ presenta mejores resultados.

Figura 4.

Promedio del contenido de materia orgánica (%) por tratamiento



Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio de materia orgánica (%). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 4**, se observa que al finalizar el proceso de elaboración del abono tipo bokashi, el tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA), presenta mayor contenido de materia orgánica (20.15%), seguido del tratamiento T₄ (insumos básicos, estiércol cuy y EMA) (16.94%) y finalmente el T₆ (insumos básicos, estiércol de porcino y EMA) con (13.31%).

Tabla 11.

Análisis de varianza del contenido de Materia Orgánica

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	3.50	1	3.50	10.06	0.0081	**
Estiércol	61.89	2	30.94	88.85	0.0001	**
Estiércol: microorganismos	17.35	2	8.67	24.91	0.0001	**
Error	4.18	12	0.35			
Total	86.92	17			CV = 3.61	

Nota. ** indica efecto estadísticamente significativo ($p < .01$). SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; CV = coeficiente de variación. Los resultados se obtuvieron a partir de datos procesados en el software estadístico RStudio.

La **Tabla 11** muestra el Análisis de Varianza del contenido de MO (Materia orgánica) con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.0081 menor a 0.05 existe diferencia altamente significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0001 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.001 menor a 0.05.

Tabla 12.

Prueba de Tukey interacción microorganismos

Microorganismos	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	16.80	9	0.20	A
Sin EMA	15.92	9	0.20	B

Nota. Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba post hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$). Resultados obtenidos a partir de datos procesados en el software estadístico RStudio.

La **Tabla 12** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con y sin microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con EMA tiene mejor promedio de materia orgánica 16.80 seguido por el tratamiento sin EMA con promedio de 15.92.

Tabla 13.

Prueba de Tukey. Interacción estiércoles

Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Vacuno	18.74	6	0.24	A
Cuy	16.12	6	0.24	B
Porcino	14.22	6	0.24	C

Nota. Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba post hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados se obtuvieron a partir de datos procesados en el software estadístico RStudio.

La **Tabla 13** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol, en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de vacuno tiene mejor promedio de materia orgánica con 18.74% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy con promedio de 16.12% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino con promedio de materia orgánica de 14.22%.

Tabla 14.

Prueba de Tukey interacción microorganismos y estiércoles

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	Vacuno	20.15	3	0.34	A
Sin EMA	Vacuno	17.33	3	0.34	B
Con EMA	Cuy	16.94	3	0.34	B
Sin EMA	Cuy	15.31	3	0.34	C
Sin EMA	Porcino	15.12	3	0.34	C
Con EMA	Porcino	13.31	3	0.34	D

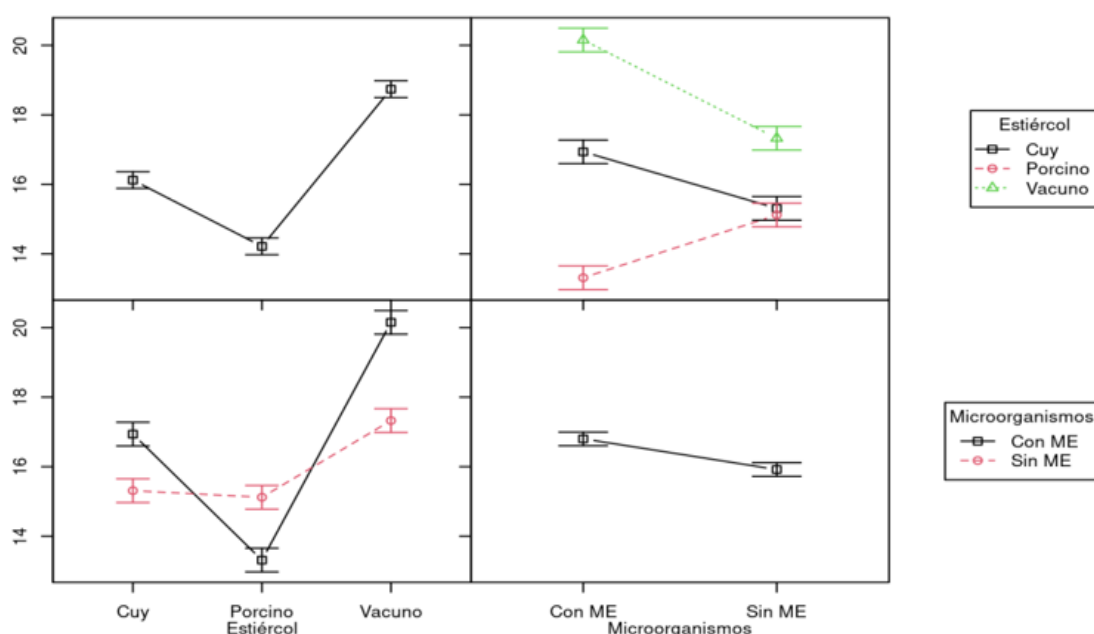
Nota. Medias con letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba post hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados se obtuvieron a partir de datos procesados en el software estadístico RStudio.

La **Tabla 14** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de vacuno + EMA tiene mejor promedio de materia orgánica con

20.15% seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + sin EMA con promedio de 17.33%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + EMA con promedio de 16.94%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA con promedio de 15.31%, seguido por el tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA con promedio de 15.12% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino + EMA con promedio de 13.31%.

Figura 5.

Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación a la Materia Orgánica (%)



Nota. Los valores representan medias \pm error estándar. ME = microorganismos eficientes. La interacción se evaluó a partir de datos procesados en el software estadístico RStudio.

La **Figura 5** muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y la presencia o no de los microorganismos; en la que se aprecia que el abono a base de estiércol de vacuno ha conseguido mayor contenido de MO, con y sin microorganismos, seguido del estiércol de cuy y porcino tanto con y sin EMA han conseguido menor contenido de materia orgánica.

b) Contenido de Humedad (%)

Tabla 15.

Análisis estadístico del contenido de Humedad por tratamiento y bloque

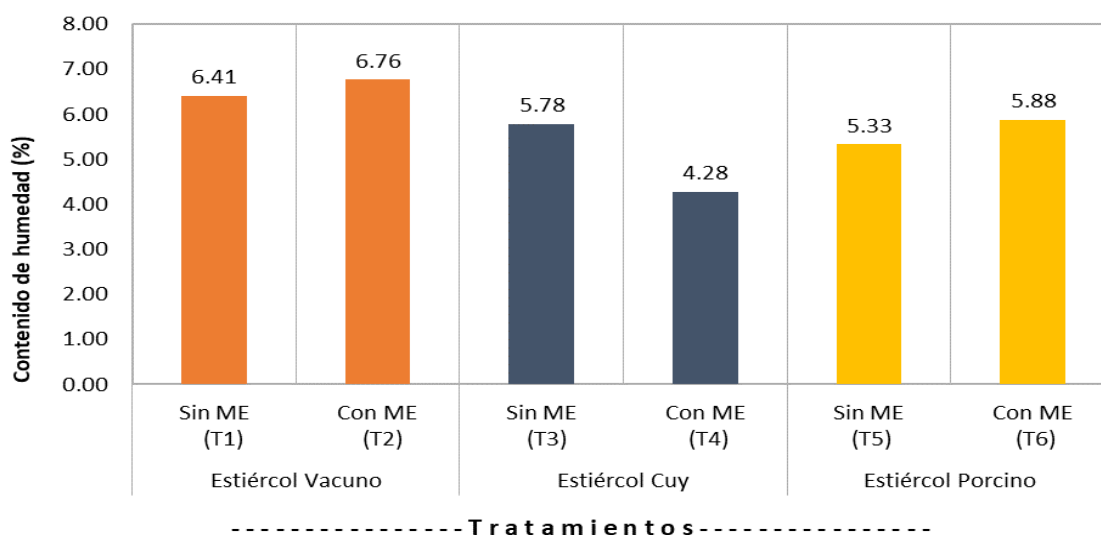
	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	5.89	6.83	5.50	4.54	5.61	5.88
Bloque II	6.97	6.54	5.83	4.74	4.55	6.13
Bloque III	6.38	6.92	6.02	3.55	5.84	5.62
Total	19.24	20.29	17.35	12.83	16.00	17.63
Promedio	6.41	6.76	5.78	4.28	5.33	5.88
Desv. Estándar	0.54	0.20	0.26	0.64	0.69	0.26

Nota. Los valores representan el porcentaje de humedad. T1-T6 corresponden a los diferentes tratamientos aplicados. Datos procesados mediante el software estadístico R-Studio.

En la **Tabla 15**, podemos apreciar los valores porcentuales de la humedad en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, en donde se aprecia que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₂ y T₆, incide en un mayor contenido de humedad.

Figura 6.

Análisis del contenido de Humedad por tratamiento y bloque (%)



Nota. Los valores representan el porcentaje de humedad. T1 a T6 corresponden a los diferentes tratamientos evaluados. Datos procesados en el software estadístico R-Studio

En la **Figura 6**, se puede apreciar que al finalizar el proceso de elaboración del abono tipo bokashi. El tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA), presenta mayor contenido de humedad (6.76%), seguido del tratamiento T₆ (insumos básicos, estiércol porcino y EMA) (5.88%) y finalmente el T₄ (insumos básicos, estiércol de cuy y EMA) con (4.28%).

Tabla 16.

Análisis de varianza para el contenido de Humedad

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	0.19	1	0.19	0.84	0.3778	NS
Estiércol	7.45	2	3.73	16.61	0.0003	**
Estiércol: microorganismos	3.84	2	1.92	8.57	0.0049	**
Error	2.69	12	0.22			
Total	14.17	17			CV= 8.25	

Nota. F.V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia estadística: NS = no significativo; ** p < .001. Datos procesados en R-Studio.

La **Tabla 16** muestra el Análisis de Varianza del contenido de Humedad con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.3778 mayor a 0.05 por lo tanto no existe diferencia significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0003 menor a 0.05 y finalmente entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.0049 menor a 0.05.

Tabla 17.

Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor Estiércol

Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Vacuno	6.59	6	0.19	A
Cuy	5.61	6	0.19	B
Porcino	5.03	6	0.19	C

Nota. n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas en la columna de significancia (Sig.) indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software R-Studio.

La **Tabla 17** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol, en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de vacuno tiene

mejor promedio de humedad con 6.59% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy con promedio de 5.61% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino con promedio de humedad de 5.03%.

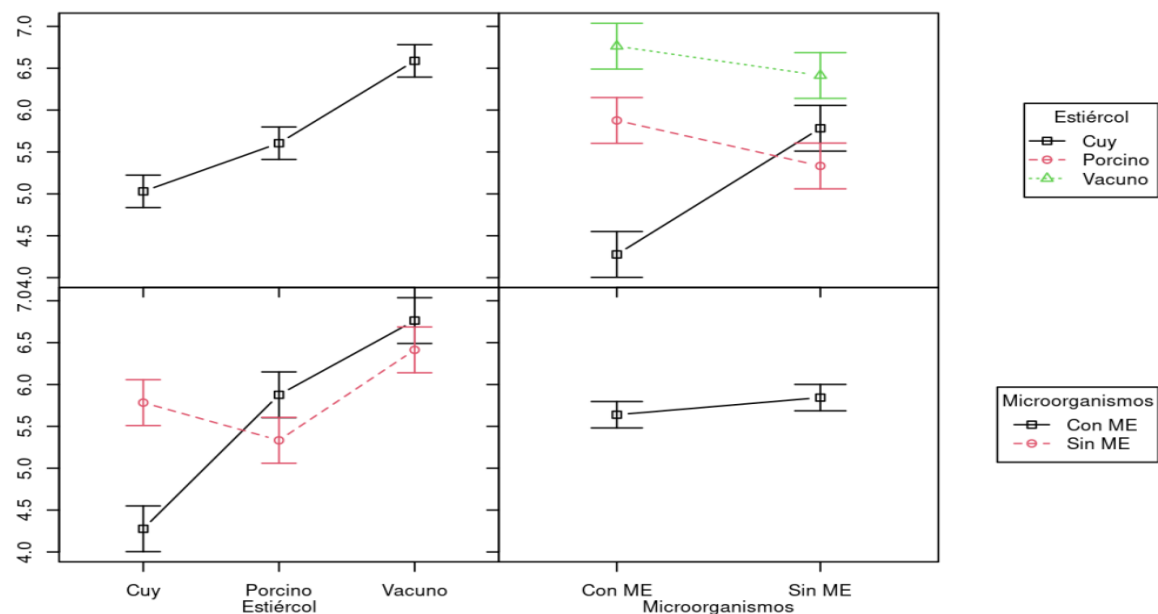
Tabla 18.

Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	Vacuno	6.76	3	0.27	A
Sin EMA	Vacuno	6.41	3	0.27	A B
Con EMA	Porcino	5.88	3	0.27	A B
Sin EMA	Cuy	5.78	3	0.27	A B
Sin EMA	Porcino	5.33	3	0.27	B C
Con EMA	Cuy	4.28	3	0.27	C

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes no son significativamente diferentes según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 18** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de vacuno + EMA tiene mejor promedio de materia orgánica con 6.76% seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + sin EMA con promedio de 6.41%, seguido por el tratamiento con estiércol de porcino + EMA con promedio de 5.88%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA con promedio de 5.78%, seguido por el tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA con promedio de 5.33% y finalmente el tratamiento con estiércol de cuy + EMA con promedio de 4.28%.

Figura 7.**Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación a la Humedad (%)**

Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio de humedad (%) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción. Datos procesados en el software estadístico R-Studio

La **Figura 7** muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y la presencia o no de los microorganismos; en la que se aprecia que el abono a base de estiércol de vacuno ha conseguido mayor contenido de humedad con y sin microorganismos, seguido del estiércol de cuy y finalmente el estiércol de porcino con EMA ha conseguido menor contenido de humedad.

5.1.2. Evaluación de resultados de los parámetros químicos en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados tipo Bokashi, distrito de Abancay – Apurímac.

a) Conductividad eléctrica (CE)

Tabla 19.

Análisis de la conductividad eléctrica (CE) por tratamiento y bloque

	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	2.90	2.99	3.33	3.47	3.53	3.22
Bloque II	3.01	3.00	3.19	3.36	3.79	3.11
Bloque III	2.81	3.12	3.15	3.51	3.58	3.40
Total	8.72	9.11	9.67	10.34	10.9	9.73
Promedio	2.91	3.04	3.22	3.45	3.63	3.24
Desv. Estándar	0.10	0.07	0.09	0.08	0.14	0.15

Nota. CE = conductividad eléctrica; T1-T6 representan los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores se expresan en dS/m (decisiemens por metro) obtenidos mediante análisis de suelos. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Tabla 19**, podemos apreciar los valores de la CE en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, en donde se aprecia que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₂ y T₄, incide en una mayor concentración de sales mismos que se localizan dentro de los parámetros normales.

Tabla 20.

Análisis de varianza para la conductividad eléctrica (CE)

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	6.7E-04	1	6.7E-04	0.06	0.8153	NS
Estiércol	0.72	2	0.36	30.59	0.0001	**
Microorganismos*Estiércol	0.33	2	0.16	13.90	0.0008	**
Error	0.14	12	0.01			
Total	1.19	17			C.V =3.34	

Nota. F.V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: NS = no significativo ($p > .05$); ** $p < .01$. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 20** muestra el Análisis de Varianza del contenido de la conductividad eléctrica con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se observa que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.8153 es mayor a 0.05 no existe

diferencia significativa, de igual manera se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0001 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.008 menor a 0.05.

Tabla 21.

Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor estiércol en la variable CE

Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Porcino	3.44	6	0.04	A
Cuy	3.34	6	0.04	A
Vacuno	2.97	6	0.04	B

Nota. n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas en la columna de significancia (Sig.) indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 21** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de porcino tiene mejor promedio de conductividad eléctrica con 3.44% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy con promedio de 3.34% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino con promedio de 2.97%.

Tabla 22.

Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable CE

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Sin EMA	Porcino	3.63	3	0.06	A
Con EMA	Cuy	3.45	3	0.06	A B
Con EMA	Porcino	3.24	3	0.06	B C
Sin EMA	Cuy	3.22	3	0.06	B C
Con EMA	Vacuno	3.04	3	0.06	C D
Sin EMA	Vacuno	2.91	3	0.06	D

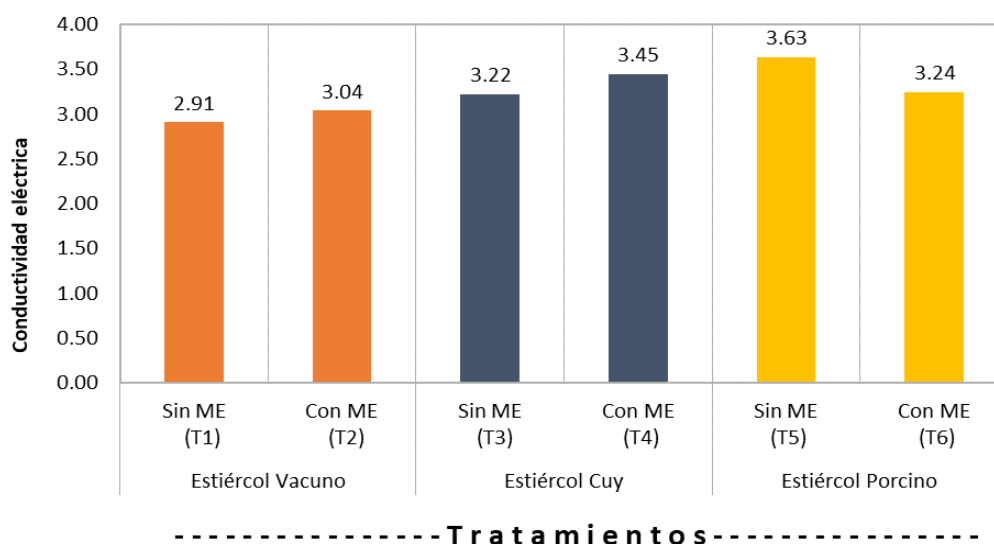
Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 22** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el

tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA tiene mejor promedio de conductividad eléctrica con 3.63% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + EMA con promedio de 3.45%, seguido por el tratamiento con estiércol de porcino + EMA con promedio de 3.24%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA con promedio de 3.22%, seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + EMA con promedio de 3.04% y finalmente el tratamiento con estiércol de vacuno + sin EMA con promedio de 2.91%.

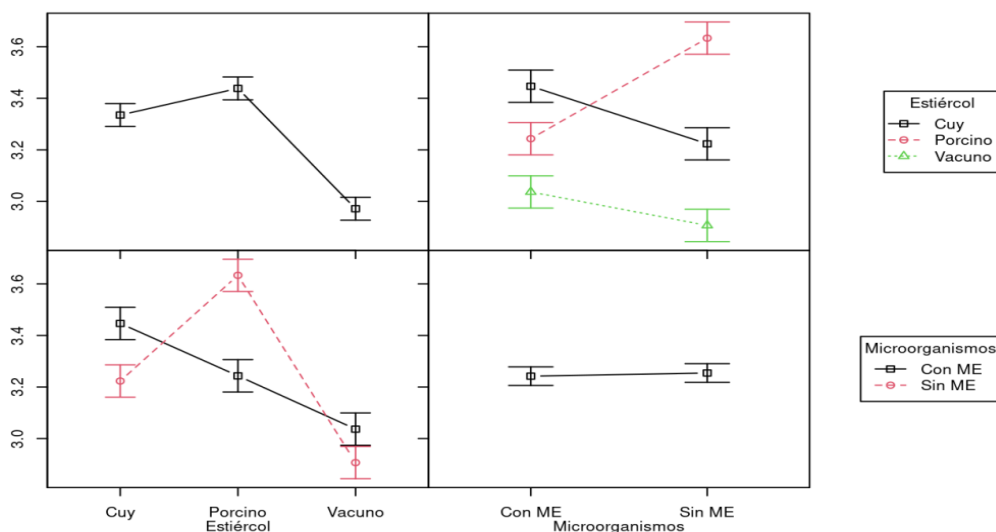
Figura 8.

Conductividad eléctrica promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces



Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores de conductividad eléctrica expresados en dS/m. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 8**, se nota claramente que al finalizar el proceso de elaboración del abono tipo bokashi. El tratamiento T₄ (insumos básicos, estiércol de cuy y EMA), presenta mayor concentración de sales (3.45), seguido del tratamiento T₆ (insumos básicos, estiércol porcino y EMA) (3.24) y finalmente el T₂ (insumos básicos, estiércol de vacuno y EMA) con (3.04).

Figura 9.**Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación a la Conductividad Eléctrica**

Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio de la conductividad eléctrica y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción evaluada. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 9** muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y la presencia o no de los microorganismos; en la que se aprecia que el abono a base de estiércol de porcino ha conseguido mayor conductividad eléctrica, sin microorganismos, seguido del estiércol de cuy y vacuno con y sin EMA han conseguido menor conductividad eléctrica.

b) Contenido nutricional con respecto al Nitrógeno (%)**Tabla 23.****Análisis del contenido de Nitrógeno por tratamiento y bloque**

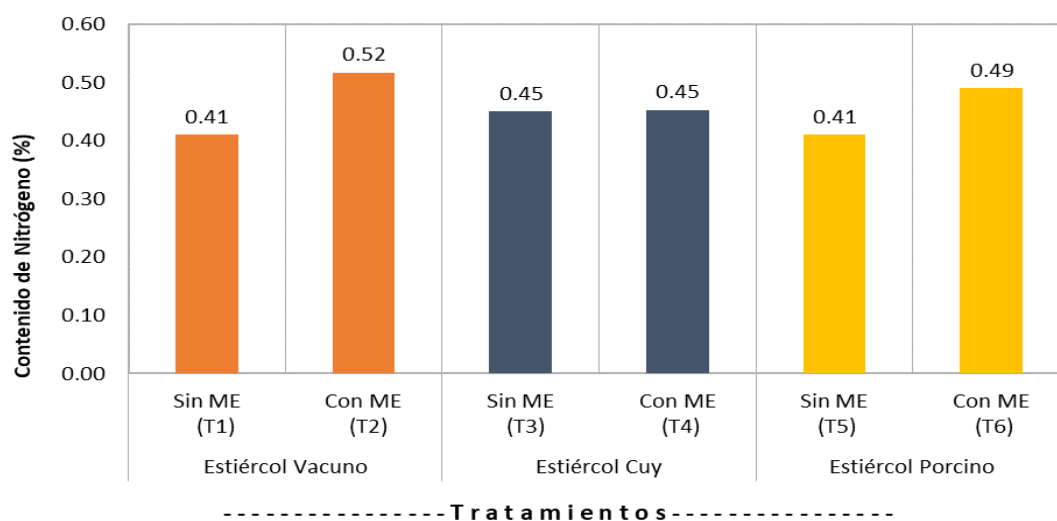
	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	0.41	0.52	0.45	0.46	0.40	0.49
Bloque II	0.41	0.52	0.46	0.44	0.41	0.50
Bloque III	0.41	0.51	0.44	0.46	0.42	0.48
Total	1.23	1.55	1.35	1.36	1.23	1.47
Promedio	0.41	0.51	0.45	0.45	0.41	0.49
Desv. Estándar	0.000	0.006	0.010	0.012	0.010	0.010

Nota. T1-T6 corresponden a los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores representan el porcentaje (%) de nitrógeno total obtenido mediante análisis de laboratorio. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 23**, nos muestra el valor porcentual del nitrógeno en cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, en donde podemos apreciar que la incorporación de microorganismos autóctonos en los tratamientos T₂, T₄ y T₆, incide en un mayor contenido.

Figura 10.

Contenido de Nitrógeno promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces



Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio del contenido de nitrógeno expresados en porcentaje (%). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 10**, podemos apreciar que al finalizar el proceso de elaboración del bokashi. El tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA), presenta mayor contenido de nitrógeno (0.52%), seguido del tratamiento T₆ (insumos básicos, estiércol porcino y EMA) (0.49%) y finalmente el T₄ (insumos básicos, estiércol de cuy y EMA) con (0.45%).

Tabla 24.**Análisis de varianza para la variable de contenido de Nitrógeno**

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	0.02	1	0.02	232.07	0.0001	***
Estiércol	6.3E-04	2	3.2E-04	4.07	0.0447	**
Estiércol: microorganismos	0.01	2	4.3E-03	55.50	0.0001	***
Error	9.3E-04	12	7.8E-05			
Total	0.03	17				CV= 1.94%

Nota. F.V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: ** $p < .05$; *** $p < .0001$. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 24** muestra el Análisis de Varianza del contenido de Nitrógeno con los tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.0001 es menor a 0.05 existe diferencia altamente significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia significativa dado que el p – valor es 0.0447 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.001 menor a 0.05.

Tabla 25.**Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Nitrógeno**

Microorganismos	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	0.49	9	2.9E-03	A
Sin EMA	0.42	9	2.9E-03	B

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

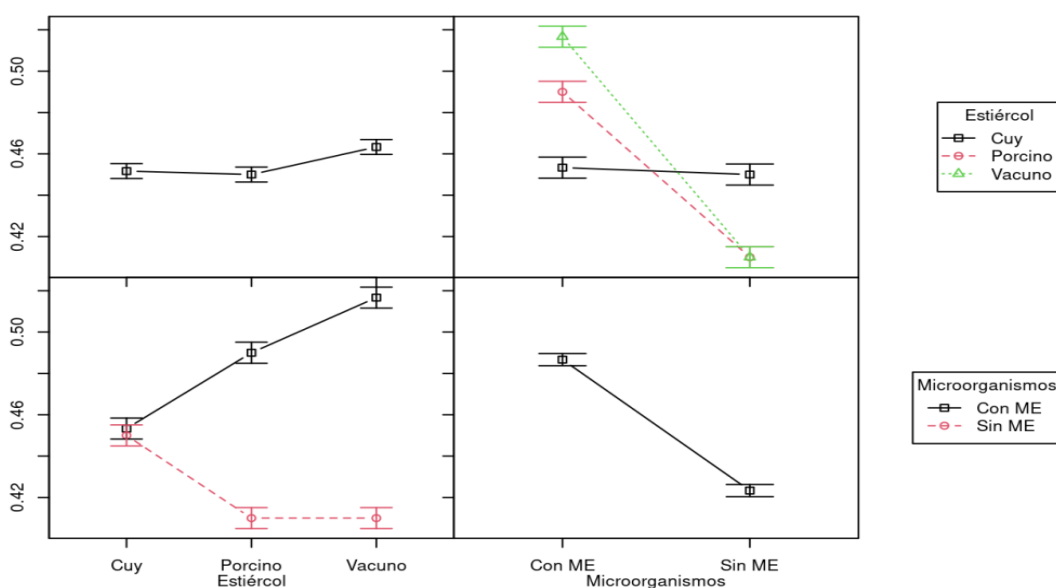
La **Tabla 25** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con y sin microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con EMA tiene mejor promedio de nitrógeno 0.49 seguido por el tratamiento sin EMA con promedio de 0.42.

Tabla 26.**Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Nitrógeno**

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	Vacuno	0.52	3	0.01	A
Con EMA	Porcino	0.49	3	0.01	B
Con EMA	Cuy	0.45	3	0.01	C
Sin EMA	Cuy	0.45	3	0.01	C
Sin EMA	Porcino	0.41	3	0.01	D
Sin EMA	Vacuno	0.41	3	0.01	D

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Nivel no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 26** muestra el análisis de Tukey indica que la interacción estiércol de vacuno + EMA obtuvo el mayor promedio de nitrógeno (0.52%), superando a las combinaciones de porcino + EMA (0.49%) y cuy + EMA (0.45%). Por otro lado, el tratamiento de cuy sin EMA igualó al de cuy con microorganismos (0.45%), mientras que los niveles más bajos de nitrógeno se registraron en los tratamientos de porcino sin EMA y vacuno sin EMA, ambos con un 0.41%.

Figura 11.**Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al contenido de Nitrógeno**

Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio del contenido de nitrógeno (%) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 11**, muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y los microorganismos, en la que se observa que el estiércol de vacuno ha conseguido mayor contenido de nitrógeno aplicando microorganismos, mientras que los estiércoles de porcino y cuy con EMA y sin EMA han conseguido menos contenido de nitrógeno.

c) Contenido nutricional con respecto al Fósforo (%)

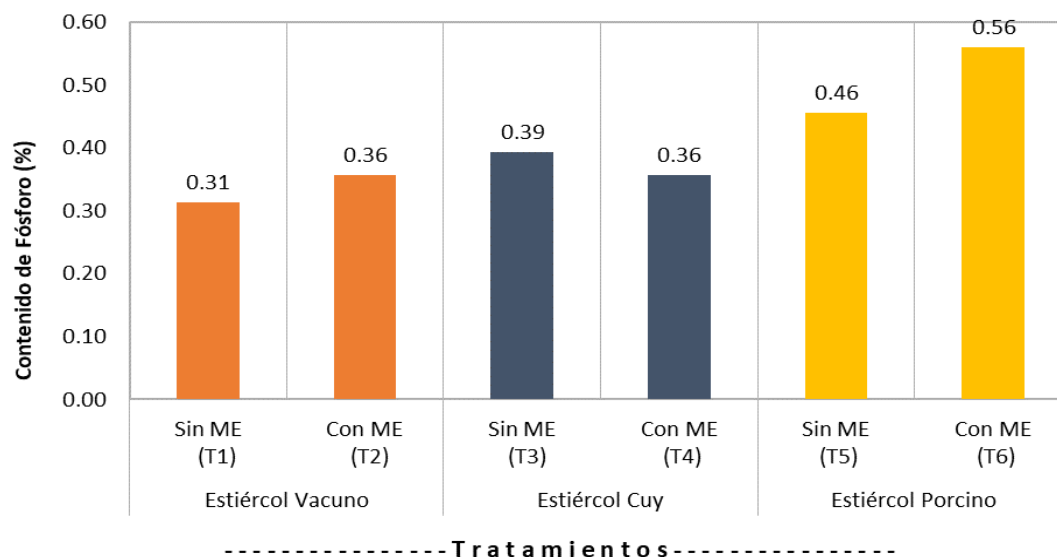
Tabla 27.

Análisis del contenido de Fósforo por tratamiento y bloque

	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	0.31	0.36	0.39	0.35	0.46	0.56
Bloque II	0.33	0.34	0.38	0.34	0.45	0.55
Bloque III	0.30	0.37	0.41	0.38	0.46	0.57
Total	0.94	1.07	1.18	1.07	1.37	1.68
Promedio	0.31	0.35	0.39	0.35	0.45	0.56
Desv. Estándar	0.015	0.015	0.015	0.021	0.006	0.010

Nota. T1-T6 corresponden a los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores representan el porcentaje (%) de fósforo total obtenido mediante análisis de laboratorio. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 27**, nos muestra el valor porcentual del fósforo en cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, en donde se aprecia que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₂ y T₆, incide en un mayor contenido nutricional.

Figura 12.**Contenido de Fósforo promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces**

Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio del contenido de fósforo expresados en porcentaje (%). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 12**, se puede apreciar que al finalizar el proceso de elaboración del bokashi. El tratamiento T₆ (insumos básicos, estiércol porcino y EMA), presenta mayor contenido de fósforo (0.56%), seguido del tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA) (0.36%) y finalmente el T₄ (insumos básicos, estiércol de cuy y EMA) con (0.36%).

Tabla 28**Análisis de varianza para la variable de contenido de Fósforo**

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	0.01	1	0.01	28.66	0.002	***
Estiércol	0.10	2	0.05	234.11	0.001	***
Estiércol: microorganismos	0.01	2	0.01	35.05	0.001	***
Error	2.5E-03	12	2.1E-04			
Total	0.12	17				CV= 3.58%

Nota. F.V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: *** p < .01. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 28** muestra el Análisis de Varianza del contenido de Fósforo con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.002 menor a 0.05 existe diferencia altamente significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.001 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.001 menor a 0.05.

Tabla 29

Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Fósforo

Microrganismos	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	0.42	9	8E-03	A
Sin EMA	0.39	9	8E-03	B

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 29** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con y sin microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con EMA tiene mejor promedio de fósforo 0.42 seguido por el tratamiento sin EMA con promedio de 0.39.

Tabla 30

Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor estiércoles en la variable Fósforo

Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Vacuno	0.51	6	0.01	A
Cuy	0.38	6	0.01	B
Porcino	0.34	6	0.01	C

Nota. n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 30** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de vacuno tiene

mejor promedio de fósforo con 0.51% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy con promedio de 0.38% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino con 0.34%.

Tabla 31

Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Fósforo

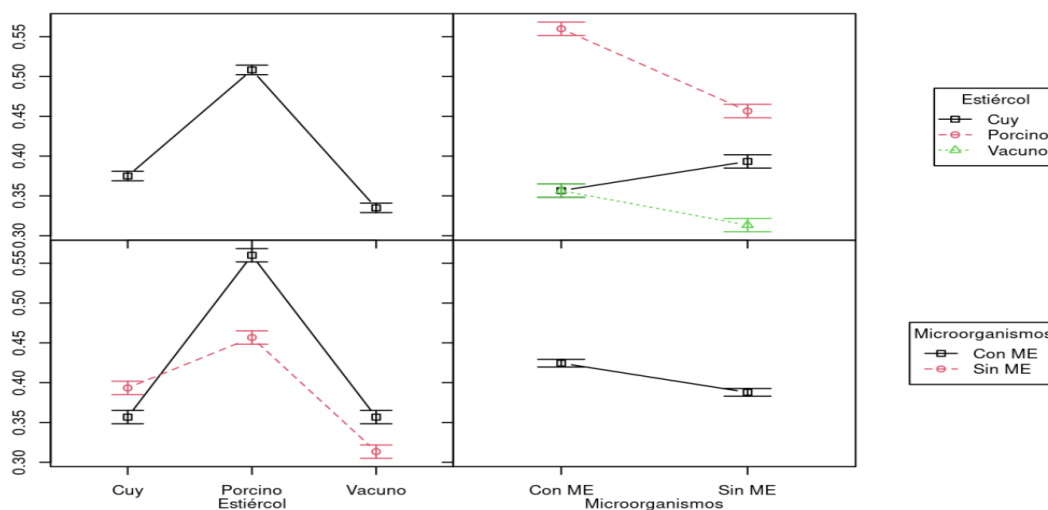
Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	Porcino	0.56	3	0.01	A
Sin EMA	Porcino	0.46	3	0.01	B
Sin EMA	Cuy	0.39	3	0.01	C
Con EMA	Cuy	0.36	3	0.01	C
Con EMA	Vacuno	0.36	3	0.01	C
Sin EMA	Vacuno	0.31	3	0.01	D

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Sig. no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 31** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de porcino + EMA tiene mejor promedio de fósforo con 0.56% luego el tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA con 0.46%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA con 0.39%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + EMA con 0.36%, seguido por estiércol de vacuno + EMA con 0.36% y finalmente el tratamiento con estiércol de vacuno + sin EMA con 0.31%.

Figura 13

Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Fósforo



Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio del contenido de fósforo (%) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción evaluada. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 13**, muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y los microorganismos, en la que se observa que el estiércol de porcino ha conseguido mayor contenido de fósforo con y sin EMA, mientras que los estiércoles de vacuno y cuy tanto con y sin EMA, presentan menor contenido de fósforo.

d) Contenido nutricional con respecto al Potasio (%).

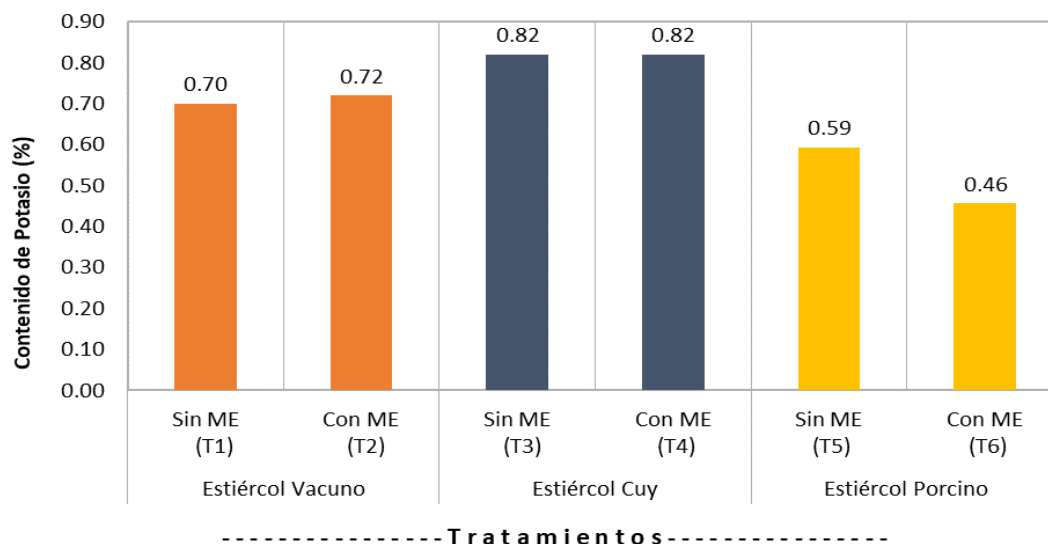
Tabla 32

Análisis del contenido de Potasio por tratamiento y bloque

	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	0.70	0.72	0.81	0.83	0.59	0.46
Bloque II	0.71	0.71	0.80	0.81	0.58	0.48
Bloque III	0.69	0.73	0.85	0.82	0.61	0.43
Total	2.10	2.16	2.46	2.46	1.78	1.37
Promedio	0.70	0.72	0.82	0.82	0.59	0.46
Desv. Estándar	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.03

Nota. T1-T6 representan los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores representan el porcentaje (%) de potasio total obtenido mediante análisis de laboratorio. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 32**, muestra el valor porcentual del potasio en cada uno de los tratamientos, en donde se aprecia que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₂ y T₄, incide en un mayor contenido de potasio.

Figura 14**Promedios del contenido de Potasio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces**

Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio del contenido de potasio expresados en porcentaje (%). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 14**, se puede apreciar que al finalizar el proceso de elaboración del bokashi. El tratamiento T₄ (insumos básicos, estiércol cuy y EMA), presenta mayor contenido de potasio (0.82%), seguido del tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA) (0.72%) y finalmente el T₆ (insumos básicos, estiércol de porcino y EMA) con (0.46%).

Tabla 33**Análisis de varianza con respecto al contenido de Potasio**

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	0.01	1	0.01	21.88	0.0005	***
Estiércol	0.27	2	0.13	428.63	0.0001	***
Estiércol: microorganismos	0.02	2	0.01	35.05	0.0001	***
Error	3.7E-03	12	3.1E-04			
Total	0.30	17			CV= 2.57%	

Nota. F.V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: *** p < .001. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 33** muestra el Análisis de Varianza del contenido de Potasio con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.0005 menor a 0.05 existe diferencia altamente significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0001 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.001 menor a 0.05.

Tabla 34

Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Potasio

Microorganismos	Medias	n	E.E.	Sig.
Sin EMA	0.70	9	0.01	A
Con EMA	0.67	9	0.01	B

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 34** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con y sin microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con EMA tiene mejor promedio de potasio 0.70 seguido por el tratamiento sin EMA con promedio de 0.67.

Tabla 35

Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor estiércoles en la variable potasio

Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Cuy	0.82	6	0.01	A
Vacuno	0.71	6	0.01	B
Porcino	0.53	6	0.01	C

Nota. n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 35** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de cuy tiene mejor promedio de potasio con 0.82% seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno con

promedio de 0.71% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino con promedio de 0.53%.

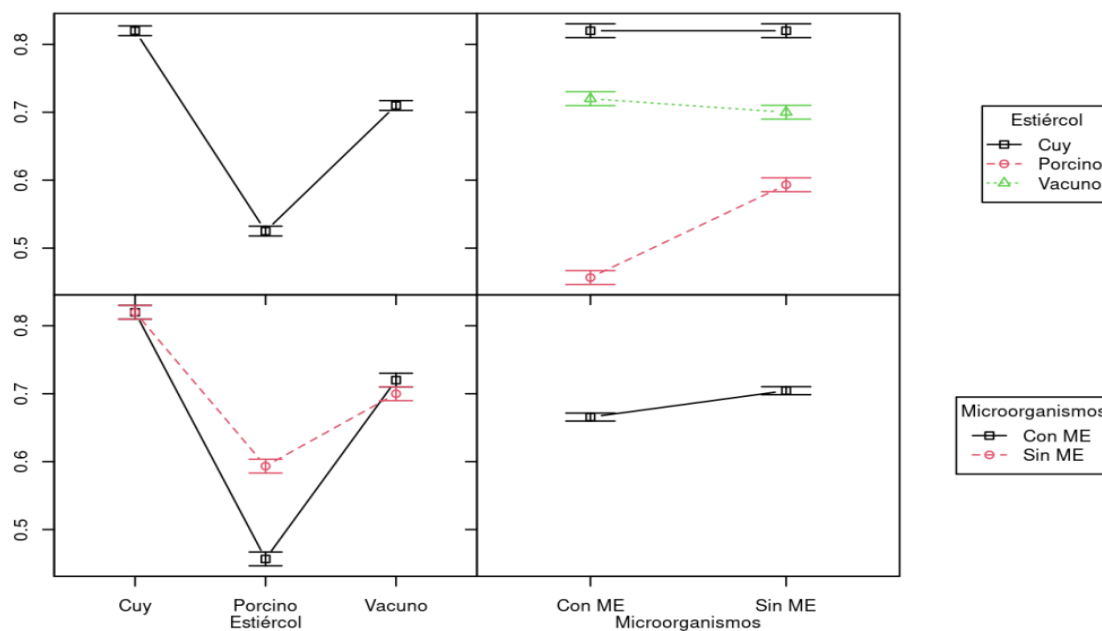
Tabla 36

Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Potasio

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Sin EMA	Cuy	0.82	3	0.01	A
Con EMA	Cuy	0.82	3	0.01	A
Con EMA	Vacuno	0.72	3	0.01	B
Sin EMA	Vacuno	0.70	3	0.01	B
Sin EMA	Porcino	0.59	3	0.01	C
Con EMA	Porcino	0.46	3	0.01	D

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Sig. no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 36** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA tiene mejor promedio de potasio con 0.82% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + EMA con promedio de 0.82%, seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + EMA con promedio de 0.72%, seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + sin EMA con promedio de 0.70%, seguido por el tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA con promedio de 0.59% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino + EMA con promedio de 0.46%.

Figura 15**Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Potasio**

Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio del contenido de potasio (%) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción evaluada. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 15** muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y la presencia o no de los microorganismos; en la que se aprecia que el abono a base de estiércol de cuy ha conseguido mayor contenido de Potasio con y sin EMA, seguido del estiércol de vacuno y porcino tanto con y sin EMA han conseguido menor contenido de potasio.

e) Contenido nutricional con respecto al Calcio (%)**Tabla 37****Análisis del contenido de Calcio por tratamiento y bloque**

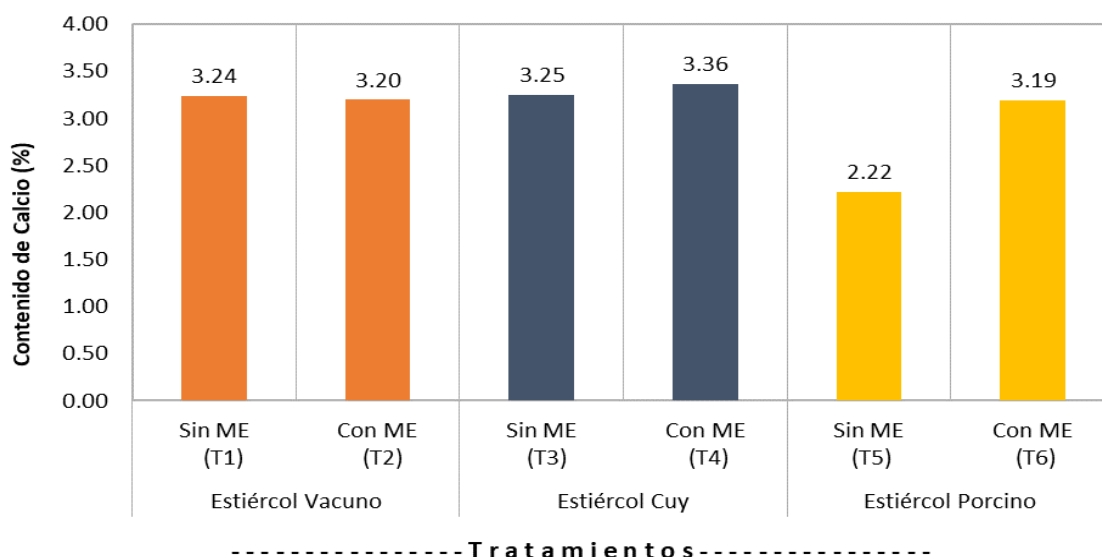
	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	3.32	3.17	3.22	3.36	2.24	3.18
Bloque II	3.17	3.13	3.36	3.20	2.18	3.17
Bloque III	3.22	3.29	3.17	3.53	2.23	3.23
Total	9.71	9.59	9.75	10.09	6.65	9.58
Promedio	3.24	3.20	3.25	3.36	2.22	3.19
Dev. Estándar	0.08	0.08	0.10	0.17	0.03	0.03

Nota. T1-T6 representan los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores representan el porcentaje (%) de calcio total obtenido mediante análisis de laboratorio. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 37**, nos muestra el valor porcentual del Calcio en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, en donde se aprecia que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₄ y T₂ incide en un mayor contenido nutricional.

Figura 16

Contenido de Calcio promedio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces



Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio del contenido de calcio expresados en porcentaje (%). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 16**, se puede apreciar que al finalizar el proceso de elaboración del bokashi. El tratamiento T₄ (insumos básicos, estiércol cuy y EMA), presenta mayor contenido de Calcio (3.36%), seguido del tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA) (3.20%) y finalmente el T₆ (insumos básicos, estiércol de porcino y EMA) con (3.19%).

Tabla 38**Análisis de varianza con respecto al contenido de Calcio**

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	0.55	1	0.55	63.89	0.0001	***
Estiércol	1.26	2	0.63	73.24	0.0001	***
Estiércol: microorganismos	0.90	2	0.45	52.23	0.0001	***
Error	0.10	12	0.01			
Total	2.82	17				CV= 3.02%

Nota. F.V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: *** $p < .0001$. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 38** muestra el Análisis de Varianza del contenido de Calcio con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.0001 menor a 0.05 existe diferencia altamente significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0001 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.001 menor a 0.05.

Tabla 39**Prueba de comparación de medias de Tukey para el factor microorganismos en la variable Calcio**

Microorganismos	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	3.25	9	0.03	A
Sin EMA	2.90	9	0.03	B

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 39** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con y sin microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con EMA tiene mejor promedio de calcio 3.25 seguido por el tratamiento sin EMA con promedio de 2.90.

Tabla 40**Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Calcio**

Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig
Cuy	3.31	6	0.04	A
Vacuno	3.22	6	0.04	A
Porcino	2.71	6	0.04	B

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Sig. no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 40** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de cuy tiene mejor promedio de calcio con 3.31 % seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno con promedio de 3.22% y el tratamiento con estiércol de porcino con promedio de 2.71%.

Tabla 41**Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Calcio**

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	Cuy	3.36	3	0.05	A
Sin EMA	Cuy	3.25	3	0.05	A
Sin EMA	Vacuno	3.24	3	0.05	A
Con EMA	Vacuno	3.20	3	0.05	A
Con EMA	Porcino	3.19	3	0.05	A
Sin EMA	Porcino	2.22	3	0.05	B

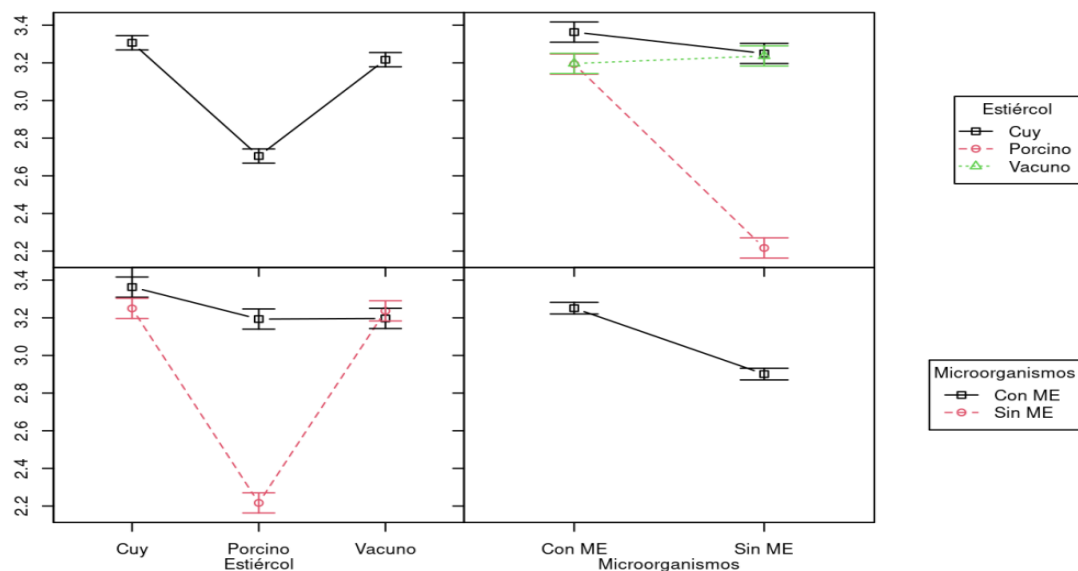
Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Sig. no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 41** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de cuy + EMA tiene mejor promedio de calcio con 3.36% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA con promedio de 3.25%, seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + sin EMA con promedio de 3.24%, seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + EMA con promedio de 3.20%, seguido por el

tratamiento con estiércol de porcino + EMA con promedio de 3.19% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA con promedio de 2.22%.

Figura 17

Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Calcio



Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio del contenido de calcio (%) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción evaluada. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 17** muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y la presencia o no de los microorganismos; en la que se observa que el abono a base de estiércol de cuy ha conseguido mayor contenido de Calcio con y sin microorganismos, seguido del estiércol de vacuno y porcino tanto con y sin EMA con menor contenido de Calcio.

f) Contenido nutricional con respecto al Magnesio (%)

Tabla 42

Análisis del contenido de Magnesio por tratamiento y bloque

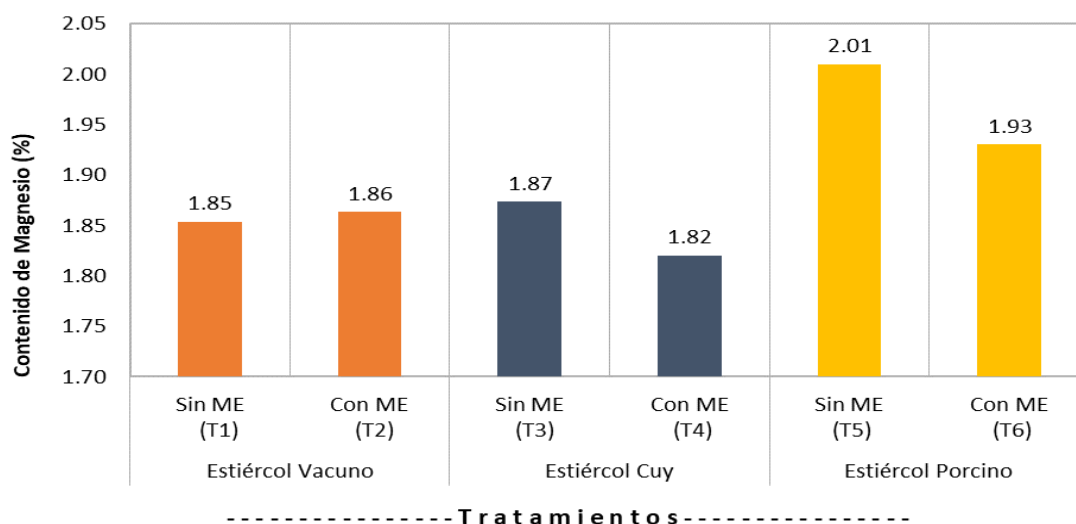
	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	1.84	1.84	1.88	1.84	2.00	1.96
Bloque II	1.89	1.94	1.85	1.79	2.01	1.92
Bloque III	1.83	1.81	1.89	1.83	2.02	1.91
Total	5.56	5.59	5.62	5.46	6.03	5.79
Promedio	1.85	1.86	1.87	1.82	2.01	1.93
Desv. Estándar	0.03	0.07	0.02	0.03	0.01	0.03

Nota. T1-T6 representan los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores representan el porcentaje (%) de magnesio total obtenido mediante análisis de laboratorio. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 42**, muestra el valor del Magnesio en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, en donde podemos observar que la incorporación de los microorganismos autóctonos en el tratamiento T₂ incide en un mayor contenido nutricional, el resto de los tratamientos con EMA.

Figura 18

Promedios del contenido de Magnesio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces



Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio del contenido de magnesio expresados en porcentaje (%). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 18**, se puede observar que al finalizar el proceso de elaboración del abono tipo bokashi. El tratamiento T₆ (insumos básicos, estiércol porcino y EMA), presenta mayor contenido de Magnesio (1.93%), seguido del tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA) (1.86%) y finalmente el T₄ (insumos básicos, estiércol de cuy y EMA) con (1.82%).

Tabla 43**Análisis de varianza con respecto al contenido de Magnesio**

F. V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	0.01	1	0.01	6.00	0.0306	*
Estiércol	0.06	2	0.03	21.96	0.0001	***
Estiércol: microorganismos	0.01	2	3.2E-03	2.53	0.1211	NS
Error	0.02	12	1.3E-03			
Total	0.08	17			CV= 1.88%	

Nota. F. V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: *** $p < .0001$; * $p < .05$; NS = no significativo. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 43** muestra el Análisis de Varianza del contenido de Magnesio con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.0306 menor a 0.05 existe diferencia significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0001 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos no existe diferencia significativa puesto que el p – valor es 0.1211 mayor a 0.05.

Tabla 44**Prueba de Tukey para el factor microorganismos en la variable Magnesio**

Microorganismos	Medias	n	E.E.	Sig.
Sin EMA	1.91	9	0.01	A
Con EMA	1.87	9	0.01	B

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 44** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con y sin microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con EMA tiene mejor promedio de magnesio 1.91 seguido por el tratamiento sin EMA con promedio de 1.87.

Tabla 45**Prueba de Tukey para el factor estiércoles en la variable Magnesio**

Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Porcino	1.97	6	0.01	A
Vacuno	1.86	6	0.01	B
Cuy	1.85	6	0.01	B

Nota. n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 45** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de porcino tiene mejor promedio de magnesio con 1.97% seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno con promedio de 1.86% y finalmente el tratamiento con estiércol de cuy con promedio de 1.85%.

Tabla 46**Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Magnesio**

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Sig.
Sin EMA	Porcino	2.01	3	0.02	A
Con EMA	Porcino	1.93	3	0.02	A B
Sin EMA	Cuy	1.87	3	0.02	B C
Con EMA	Vacuno	1.86	3	0.02	B C
Sin EMA	Vacuno	1.85	3	0.02	B C
Con EMA	Cuy	1.82	3	0.02	C

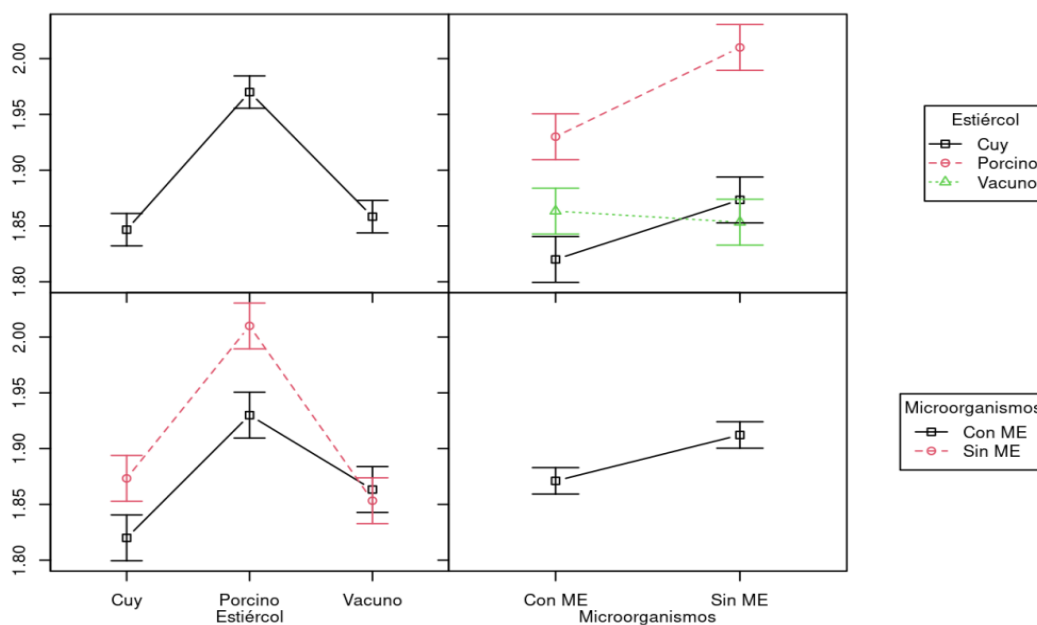
Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Sig. No presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 46** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA tiene mejor promedio de Magnesio con 2.01%, seguido por el tratamiento con estiércol de porcino + EMA con promedio de 1.93%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA con promedio de 1.87%, seguido por el tratamiento con estiércol de vacuno + EMA con promedio de 1.86%, seguido por el

tratamiento con estiércol de vacuno + sin EMA con promedio de 1.85% y finalmente el tratamiento con estiércol de cuy + EMA con promedio de 1.82%.

Figura 19

Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Magnesio



Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio del contenido de magnesio (%) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción evaluada. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 19** muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y la presencia o no de los microorganismos; en la que se aprecia que el abono a base de estiércol de porcino ha conseguido mayor contenido de Magnesio, con y sin microorganismos, seguido del estiércol de vacuno y cuy tanto con y sin EMA han conseguido menor contenido de magnesio.

g) Contenido nutricional con respecto al Sodio (Na).

Tabla 47

Análisis del contenido de Sodio por tratamiento y bloque

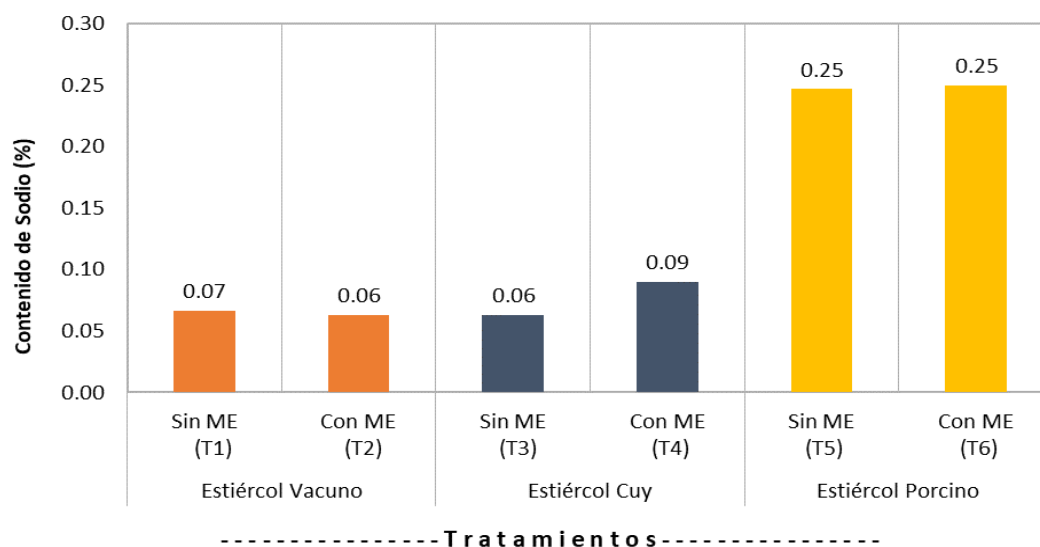
	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	0.07	0.06	0.06	0.09	0.25	0.25
Bloque II	0.08	0.06	0.07	0.09	0.24	0.25
Bloque III	0.05	0.07	0.06	0.09	0.25	0.25
Total	0.2	0.19	0.19	0.27	0.74	0.75
Promedio	0.07	0.06	0.06	0.09	0.25	0.25
Desv. Estándar	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00

Nota. T1-T6 representan los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores representan el porcentaje (%) de sodio total obtenido mediante análisis de laboratorio. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Tabla 47**, podemos ver el valor porcentual del Sodio en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, en donde se aprecia que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₄ y T₆, incide en un mayor contenido nutricional.

Figura 20

Promedios del contenido de Sodio según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces



Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio del contenido de sodio expresados en porcentaje (%). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 20**, se puede apreciar que al finalizar el proceso de elaboración del abono tipo bokashi. El tratamiento T₆ (insumos básicos, estiércol porcino y EMA), presenta mayor contenido de Sodio (0.25%), seguido del tratamiento T₄ (insumos básicos, estiércol cuy y EMA) (0.09%) y finalmente el T₂ (insumos básicos, estiércol de vacuno y EMA) con (0.06%).

Tabla 48

Análisis de varianza con respecto al contenido de Sodio

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor	Sig
Microorganismos	3.6E-04	1	3.6E-04	6.40	0.0264	*
Estiércol	0.13	2	0.06	1137.90	0.0001	***
Estiércol: microorganismos	7.4E-04	2	3.7E-04	6.7	0.0111	*
Error	6.7E-04	12	5.6E-05			
Total	0.13	17			CV= 5.73%	

Nota. F. V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: *** p < .0001; * p < .05. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 48** muestra el Análisis de Varianza del contenido de Sodio con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se evidencia que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.0264 menor a 0.05 existe diferencia significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0001 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos también existe diferencia altamente significativa puesto que el p – valor es 0.0111 menor a 0.05.

Tabla 49

Prueba de Tukey para el factor microorganismos en la variable Sodio

Microorganismos	Medias	n	E.E.	Sig.
Con EMA	0.13	9	2.5E-03	A
Sin EMA	0.13	9	2.5E-03	B

Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 49** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con y sin microorganismos, en la que se visualiza que ambos tratamientos presentan el mismo promedio de contenido de sodio 0.13.

Tabla 50

Prueba de Tukey para el factor estiércoles en la variable Sodio

Estiércol	Medias	N	E.E.	Sig.
Porcino	0.25	6	3.0E-03	A
Cuy	0.08	6	3.0E-03	B
Vacuno	0.07	6	3.0E-03	C

Nota. n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 50** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de porcino tiene mejor promedio de sodio con 0.25% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy con promedio de 0.08% y finalmente el tratamiento con estiércol de vacuno con promedio de 0.07%.

Tabla 51

Prueba de Tukey para la interacción entre microorganismos y estiércoles en la variable Sodio

Microorganismos	Estiércol	Medias	n	E.E.	Nivel
Con EMA	Porcino	0.25	3	4.3E-03	A
Sin EMA	Porcino	0.25	3	4.3E-03	A
Con EMA	Cuy	0.09	3	4.3E-03	B
Sin EMA	Vacuno	0.07	3	4.3E-03	C
Sin EMA	Cuy	0.06	3	4.3E-03	C
Con EMA	Vacuno	0.06	3	4.3E-03	C

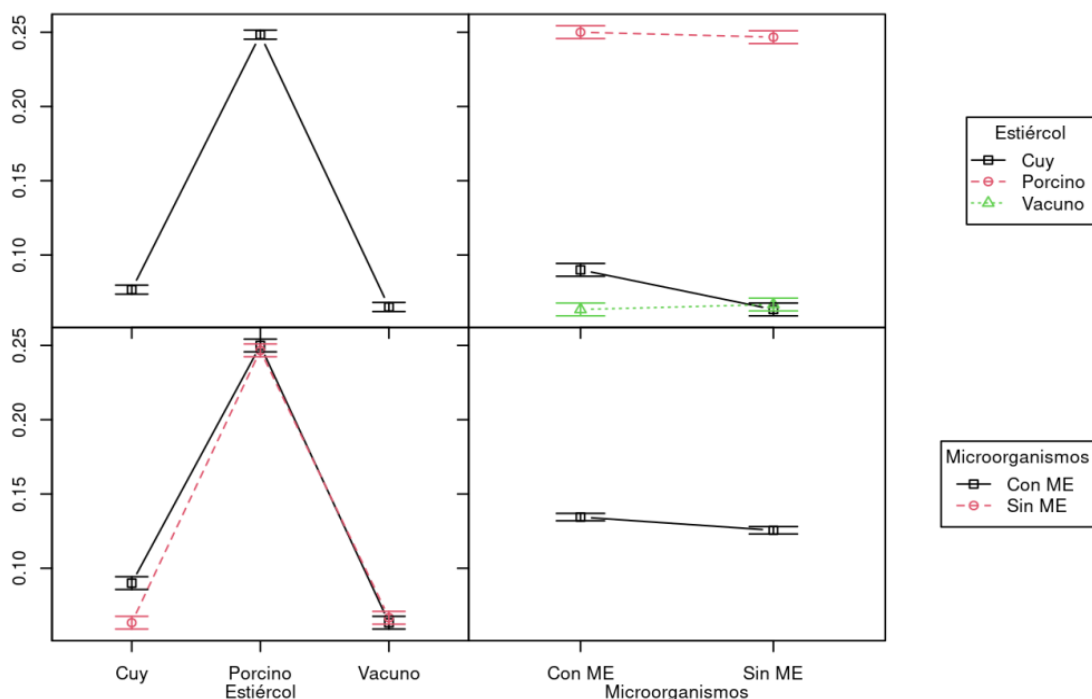
Nota. EMA = microorganismos eficaces autóctonos; n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Nivel no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 51** muestra el análisis de Tukey de los promedios de la interacción de tratamientos con tipos de estiércol y microorganismos en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de porcino + EMA tiene mejor promedio de sodio con 0.25%

seguido por el tratamiento con estiércol de porcino + sin EMA con promedio de 0.25%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + EMA con promedio de 0.09%, seguido por el tratamiento con estiércol vacuno + sin EMA con promedio de 0.07%, seguido por el tratamiento con estiércol de cuy + sin EMA con promedio de 0.06% y finalmente el tratamiento con estiércol de vacuno + EMA con promedio de 0.06%.

Figura 21

Interacción de los estiércoles y microorganismos con relación al Sodio



Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio del contenido de sodio (%) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción evaluada. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 21**, muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y presencia o no de microorganismos; en la que se observa que el abono a base de estiércol de porcino ha conseguido mayor contenido de Sodio, con y sin EMA, seguido del estiércol de cuy y vacuno tanto con y sin EMA han conseguido menor contenido de sodio.

h) Potencial de hidrógeno (pH)

Tabla 52

Análisis del pH por tratamiento y bloque

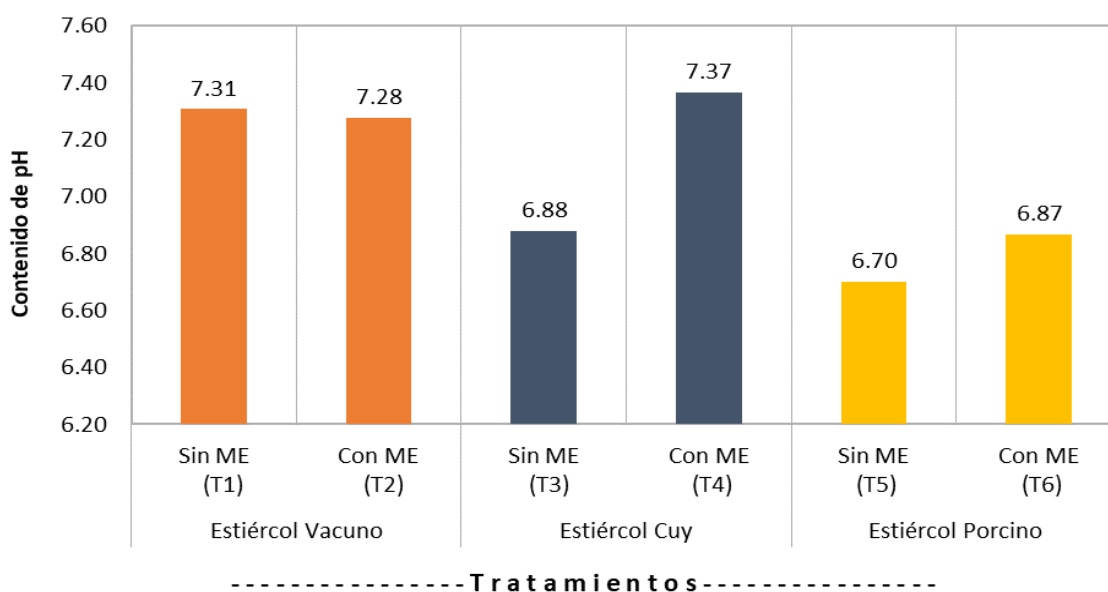
	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Bloque I	7.02	7.13	7.11	7.20	6.65	6.91
Bloque II	7.08	7.20	6.81	7.34	6.69	6.47
Bloque III	7.82	7.50	6.72	7.56	6.76	7.22
Total	21.92	21.83	20.64	22.1	20.1	20.6
Promedio	7.31	7.28	6.88	7.37	6.70	6.87
Desv. Estándar	0.45	0.20	0.20	0.18	0.06	0.38

Nota. T1-T6 representan los tratamientos evaluados; Desv. Estándar = desviación estándar. Los valores representan el potencial de hidrógeno (pH) obtenido mediante análisis de laboratorio. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Tabla 52**, podemos ver el valor porcentual de materia orgánica en cada uno de los tratamientos y sus repeticiones, en donde se aprecia que la incorporación de los microorganismos autóctonos en los tratamientos T₂, T₄ y T₆, incide en un mayor contenido del potencial de hidrógeno (pH).

Figura 22

Promedios del potencial de Hidrógeno según tipo de estiércol y uso de microorganismos eficaces



Nota. ME = microorganismos eficaces; T1-T6 representan los tratamientos evaluados. Las barras muestran los valores promedio del potencial de hidrógeno (pH). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

En la **Figura 22**, se puede apreciar que al finalizar el proceso de elaboración del abono tipo bokashi. El tratamiento T₄ (insumos básicos, estiércol cuy y EMA), presenta un pH neutro a ligeramente alcalino (7.37), seguido del tratamiento T₂ (insumos básicos, estiércol vacuno y EMA) (7.31) y finalmente el T₆ (insumos básicos, estiércol de porcino y EMA) con (6.87).

Tabla 53

Análisis de varianza con respecto al contenido de pH

F. V	SC	GL	CM	F	p-valor
Microorganismos	0.19	1	0.19	2.55	0.1362
Estiércol	0.80	2	0.40	5.28	0.0226
Microorganismos* Estiércol:	0.20	2	0.10	1.34	0.2985
Error	0.91	12	0.08		
Total	2.12	17			CV= 3.91%

Nota. F. V. = fuente de variación; SC = suma de cuadrados; GL = grados de libertad; CM = cuadrado medio; F = razón de varianza; CV = coeficiente de variación. Significancia: * $p < .05$; NS = no significativo. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 53** muestra el Análisis de Varianza del contenido de pH con tipos de estiércol y microorganismos, en ella se muestra que dentro de los tratamientos con microorganismos dado que el p-valor es 0.1362 mayor a 0.05, no existe diferencia significativa, de igual forma se visualiza que el p –valor dentro de los tratamientos con tipos de estiércol hay diferencia altamente significativa dado que el p – valor es 0.0226 menor a 0.05 y entre interacción de estiércol y microorganismos no existe diferencia significativa puesto que el p – valor es 0.2985 mayor a 0.05.

Tabla 54

Prueba de Tukey para el factor estiércoles en la variable pH

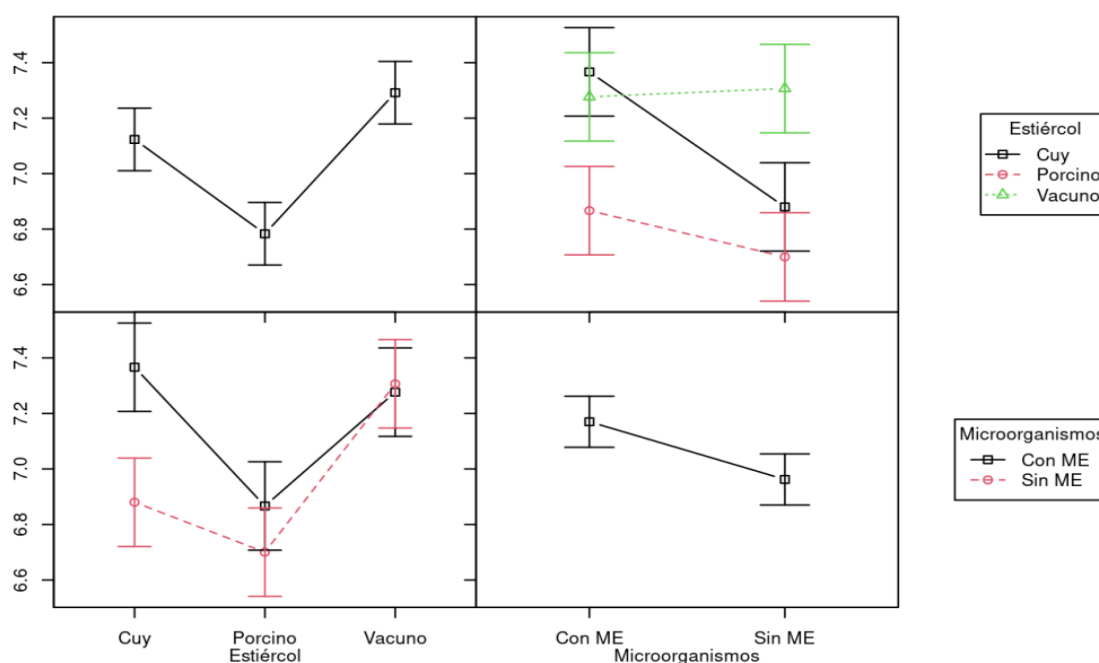
Estiércol	Medias	n	E.E.	Nivel
Vacuno	7.29	6	0.11	A
Cuy	7.12	6	0.11	A B
Porcino	6.78	6	0.11	B

Nota. n = repeticiones; E.E. = error estándar. Medias con letras comunes en la columna de Nivel no presentan diferencias estadísticas significativas según la prueba de Tukey ($\alpha = .05$). Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Tabla 54** muestra el análisis de Tukey de los promedios de los tratamientos con tipos de estiércol en la que se visualiza que el tratamiento con estiércol de vacuno tiene mejor promedio de pH con 7.29% seguido por el tratamiento con estiércol de cuy con promedio de 7.12% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino con promedio de 7.12% y finalmente el tratamiento con estiércol de porcino con promedio de 6.78%.

Figura 23

Interacción de los estiércoles y Microorganismos con relación al pH



Nota. ME = microorganismos eficaces. Los puntos representan el promedio del potencial de hidrógeno (pH) y las barras de error indican la desviación estándar para cada interacción evaluada. Datos procesados en el software estadístico R-Studio.

La **Figura 23** muestra la interacción de los factores: tipo de estiércol y la presencia o no de los microorganismos; en la que se observa que el abono a base de estiércol de cuy, presenta el pH de neutro a ligeramente alcalino, con y sin microorganismos, seguido del estiércol de vacuno y porcino tanto con y sin EMA.

5.2. Discusión

Ramos y Terry (2014), en su investigación mencionan que cada año se generan cantidades ingentes de desechos en la producción agropecuaria, pero tan solo una parte de ellos se utiliza directamente como alimento tanto para humanos y animales, lo cual deja una gran cantidad de desechos con potencial de contaminación ambiental. Además, señalan que la utilización de estos residuos como una vía eficaz para el reciclaje racional de los nutrientes mediante su transformación en fertilizantes orgánicos puede estimular el desarrollo de las plantas y, por consiguiente, contribuir a mejorar o conservar las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los resultados obtenidos en campo y sometidos a un análisis de laboratorio nos permite realizar un comparativo con otras investigaciones relacionadas al tema, los mismos cuya Nota es la revisión bibliográfica que realizamos como parte de nuestra investigación y ponemos a disposición en el presente estudio.

Tabla 55

Comparativa de la concentración de nutrientes y propiedades químicas frente a referentes bibliográficos

Parámetro	Unidad	Propio	Vásquez D.	Moreno B.	Merino E.	Pérez A.	Salazar C.	Sánchez G.	Villagómez D.
pH	-.-	7.17	8.23	8.91	0	8.8	6.38	7.14	8.82
CE	dS/m	3.24	0	4.7	0	21.2	0	3.72	0
N	%	0.48	2.83	0.89	1.15	1.09	1.7	2.23	1.51
P	%	0.42	0.26	0.89	0.35	0.78	0.8	1.38	0.72
K	%	0.66	1.3	1.12	0.1	1.5	1.69	1.48	1.33
Ca	%	3.25	0	0	0.28	4.58	0	0	0
Mg	%	1.87	0	0	0.04	0.84	0	0	0
Na	%	0.13	0	0	0	0	0	0	0

Nota. CE = conductividad eléctrica; N = nitrógeno; P = fósforo; K = potasio; Ca = calcio; Mg = magnesio; Na = sodio. Los valores "0" indican que el parámetro no fue reportado por los autores Vásquez, D. 2008, Moreno, B. 2019, Merino, E. 2013, Pérez, A. 2008. Salazar, C. 2018, Sánchez, G. 2018, Villagómez, D. 2014.

- En relación al pH del bocashi producido en campo presenta valores aproximados con el estudio de Sánchez (7.14) y relativamente cercanos a los valores de estudio de Vásquez (8.23), Moreno (8.91), Pérez (8.80), Salazar (6.38) y Villagómez (8.82)
- El valor del pH experimenta cambios durante el proceso de preparación del abono Bokashi, principalmente Debido al incremento en la actividad microbiana y al proceso gradual de descomposición y mineralización de la materia orgánica en descomposición. De acuerdo a los parámetros establecidos nuestro pH presenta valores ligeramente alcalinos.
- La Conductividad eléctrica de nuestro estudio presenta valores de (3.24), guarda relación con los resultados de Sánchez (3.72), cercano a lo presentado por Moreno (4,7) y muy por debajo de Pérez (21.2).
- Los valores obtenidos de Nitrógeno (0.48), guardan cercanía a lo presentado por Moreno (0.89), cercano a Merino (1.15), Pérez (1.09), Salazar (1.7), Villagómez (1.51) y muy por debajo a Sánchez (2.23). Este bajo contenido de nitrógeno pudo deberse a múltiples causas, como por ejemplo a que no se ha manejado adecuadamente el proceso de elaboración, así como también a la existencia de microorganismos perjudiciales o insectos no deseados. o también a que no se pudo utilizar la suficiente cantidad de estiércol.
- De igual manera en cuanto al fósforo (0.42), cercano a lo obtenido por Villagómez (0.72), Pérez (0.78), Salazar (0.80), Moreno (0.89), y relativamente menor en función a Sánchez (1.38). Vásquez (0.26) y Merino (0.35) presentan los valores más bajos comparativamente hablando.
- Estos valores cercanos se presentan por haber utilizado posiblemente materiales del mismo origen para la elaboración del abono tipo bocashi.
- El contenido de Potasio en el abono resultante del estudio es de (0.66) muy por encima de Merino (0.10) y debajo de los valores presentados por Vásquez (1.30), Moreno (1.12), Pérez (1.50), Salazar (1.69), Sánchez (1.48) y Villagómez (1.33).

- El promedio de contenido de potasio en este estudio podría atribuirse a diversas condiciones ambientales, los materiales utilizados y la metodología aplicada en la elaboración del abono Bokashi, en comparación con otras investigaciones.
- En función al Calcio, las investigaciones en comparación no cuentan con este parámetro, nuestro estudio obtuvo un valor de (3.25) mayor al de Merino que solo alcanzó (0.28), pero menor al resultado obtenido por Pérez (4.58).
- El valor del Magnesio resultante del estudio está en el rango de (1.87), alto en función al obtenido por Merino (0.04) y Pérez (0.84), este valor alto se debe principalmente a los materiales utilizados (principalmente la melaza, el estiércol de vacuno, la levadura y el agua), el manejo y la cantidad de los mismos.
- Finalmente, el Sodio obtenido fue de (0.13), las otras investigaciones no cuentan con este parámetro químico.

VI. Conclusiones

- Una potencialidad de la elaboración de abonos orgánicos con la técnica de bokashi es que en aproximadamente 20 días se obtiene un producto inocuo y de primera calidad sin ninguna limitación de uso. Por otro lado, la caracterización fisicoquímica permitió determinar la calidad del abono elaborado.
- La aplicación de los microorganismos muestra que logró incrementar las características físicas del abono, tal es así que el tratamiento T2 (estiércol de vacuno + EMA), presenta un alto contenido de materia orgánica (20.15%) y de la misma forma una humedad de (6.76%) superior al resto de los tratamientos en estudio.
- Las características químicas resultantes del análisis de laboratorio señalan que el tratamiento T4 (estiércol de cuy + EMA) presenta mayor conductividad eléctrica de (3.45 dS/m), el cual se encuentra dentro de los parámetros permisibles. En relación al nitrógeno el tratamiento T2 (estiércol de vacuno + EMA) presenta un mayor contenido de nitrógeno (0.52%) frente al resto de tratamientos. Asimismo, el tratamiento T6 (estiércol de porcino + EMA, presenta un valor de (0.57%) de contenido de fósforo superior al resto de tratamientos en estudio. Respecto a los parámetros de potasio y calcio se observa que el tratamiento T4 (estiércol de cuy + EMA) presentan mayores resultados (0.83% y 3.53%) respectivamente frente a los demás tratamientos. De igual manera los parámetros magnesio y sodio, el tratamiento T6 (estiércol de porcino + EMA) presenta valores de (1.96% y 0.25%) respectivamente, superior a los demás tratamientos en estudio. Por último, en relación al parámetro pH (potencial de hidrógeno) se puede observar que el tratamiento T4 (estiércol de cuy + EMA) presenta un valor de (7.56) estando dentro del rango de ligeramente alcalino.

VII. Recomendaciones

- Los resultados logrados en esta investigación permiten recomendar la elaboración del abono tipo bokashi. Este proceso contribuiría grandemente en la disminución de la problemática actual de los desechos agropecuarios y la contaminación, así como en la reducción de compra y uso de fertilizantes sintéticos y mencionar también que su producción y posterior venta a terceros generaría una Nota más de ingresos para el agricultor.
- A los estudiantes, técnicos de campo y profesionales, incorporar dentro de sus planes de capacitación, la preparación del abono fermentado tipo bokashi, considerando los parámetros de investigación realizados en el presente trabajo, para masificar su preparación y uso de los insumos propios de la zona, por parte de los productores agrícolas de nuestra región.
- Continuar con las líneas de investigación de este tipo de abono orgánico fermentado tipo bokashi reemplazando los insumos de la zona, de la misma forma sugerimos emplear mayor cantidad de EMA y analizar resultados.
- Proponer acciones de capacitación por parte de la universidad a productores de nuestra región en su elaboración y utilización, como parte de sus actividades de extensión agrícola hacia la comunidad.

VIII. Referencias bibliográficas

- Acosta, J. (2014). Agricultura de la vida. Agricultura natural para una vida feliz y sostenible. <http://agriculturadelavida.org/microorganismos-eficientes/>
- Alarcón Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno Llacza, S. M., & Buendía Molina, M. A. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.08>
- Alarcón Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Moreno Llacza, M., Montes Yarasca, I. M., & Buendía Molina, M. A. (2019). Elaboración de un biofertilizante a partir de microorganismos eficientes autóctonos en Perú. *Anales Científicos*, 80(2), 434-444. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1484/pdf_241
- Almasa, M. (2003). Velocidad de mineralización del estiércol de vacuno según su estabilidad. <http://www.uvademesa.cl/compostSuelo>
- Álvarez-López, C., Osorio-Vega, W., Díez-Gómez, M. C., & Marín-Montoya, M. (2014). Caracterización bioquímica de microorganismos rizosféricos de plantas de vainilla con potencial como biofertilizantes. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 226-241.
- Agricultura Sostenible. (2023). Bioem: Microorganismos eficaces. <http://www.bioem.com.pe/agricultura.html>
- Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.027>
- Biopunto.cl. (20 de diciembre de 2021). Hablemos de Bokashi. <https://www.biopunto.cl/2021/12/20/hablemos-de-bokashi/>
- Cabrera, G., Robaina, N., & Ponce de León, Y. D. (2011). Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 34(3), 331-346.
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo: Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 346-363.
- Castillo, W. (2001). Producción de porcinos. Nutrición: control de la calidad de excreta en porcinos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12(1), 64-78.

- CEDECO. (2005). Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. <http://es.scribd.com/doc/40324946/ABONOS-ORGANICOSSOLIDOS-YLIQUIDOS>
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). (2011). Elaboración y uso de bocashi. FAO.
- Cerrato, M. E., Leblanc, H. A., & Kameko, C. (2007). Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical*, 3(2), 183-197.
- Cóndor-Golec, A. F., González Pérez, P., & Lokare, C. (2007). Microorganismos eficaces: ¿mito o realidad? *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 315-319. <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1837>
- Córdova Vinuesa, L. S. (2015). Evaluación del comportamiento de microorganismos eficientes autóctonos (EMA) y levaduras fermentadoras (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fabricación del biofertilizante Bokashi [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/12942>
- Coronado Ramos, D. O. (2017). Incidencia de biol y bocashi en la recuperación de la fertilidad y edafofauna de suelos agrícolas degradados de la parroquia Mariano Acosta-Imbabura [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6457>
- Christel, D. M. (2017). The use of Bokashi as a soil fertility amendment in organic spinach cultivation [Tesis de maestría, University of Vermont]. <https://scholarworks.uvm.edu/graddis/678>
- FAO. (2013). Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- FONAG. (2010). Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos. https://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf
- Fundases. (2014). Microorganismos eficaces: Agrophos. <http://fundases.com/p/solbac.html>
- Gómez, F. (2001). Evaluación del Bokashi como sustrato para semilleros en la Región Atlántica de Costa Rica [Tesis de licenciatura, Universidad EARTH].
- Herrera, M. P. B., Alfonso, E. T., & Agüero, D. R. (2015). Producción y uso del abono orgánico tipo Bocashi: Una alternativa para la nutrición de los cultivos y la calidad de los suelos. Editorial Académica Española.

- Hoyos, D., Alvis, N., & Jabib, L. (2008). Utilidad de los microorganismos eficaces (EM®) en una explotación avícola de Córdoba: parámetros productivos y control ambiental. *Revista MVZ Córdoba*, 13(2), 1369-1379.
- IFOAM. (2005). El ABC de la agricultura orgánica. https://www.ifoam.bio/sites/default/files/poa_spanish_web.pdf
- Ipanaque Llorca, G. E. A. (2017). Efecto del sustrato Bocashi en el mejoramiento de la calidad de un suelo degradado en el Valle de Moche, Trujillo [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/22488>
- Libreros, S. S. (2012). La caña de azúcar Nota de energía: compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña*, 28, 13-14.
- Loarte Enríquez, L. A. (2017). Evaluación de tres tipos de bocashi con la aplicación de microorganismos eficientes, elaborados con residuos orgánicos de las UPAs de la parroquia Chuquiribamba, del cantón Loja [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/19242>
- Luna, J., Romero, I., & Rojas, R. (2016). Hongos micorrizógenos arbusculares y su efecto en el desarrollo de plantas de ají (*Capsicum annum*, Solanaceae). *Temas Agrarios*, 21(2), 76-85. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.903>
- Medina, L. A., Monsalve, Ó. I., & Forero, A. F. (2010). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 109-125.
- Mendívil-Lugo, C., et al. (2020). Elaboración de un abono orgánico tipo bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biotecnia*, 22(1), 17-23. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i1.1120>
- Meléndez, G., & Soto, G. (2004). Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (72), 91-97.
- Merino Maguiña, E. (2013). Efecto de la aplicación de abonos procesados con microorganismos eficientes en la producción de plantones de cacao [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/161>
- Molina, A. (2012). Producción de abono orgánico con estiércol de cuy [Proyecto de grado, Institución Educativa]. <https://prezi.com/fag-scdj7tds/produccion-de-abono-organicocon-estiercolde-cuy/>

- Montaño Arias, N. M., Sandoval Pérez, A. L., Camargo Ricalde, S. L., & Sánchez Yáñez, J. M. (2010). Los microorganismos: pequeños gigantes. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 17(77), 15-23.
- Moreno Mena, B. R. (2019). Elaboración de un abono (Bocashi) a partir de residuos orgánicos del bioterio de la Facultad de Ciencias – ESPOCH [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://repositorio.espoch.edu.ec/handle/123456789/13245>
- Narea, G., & Valdivieso, C. (2002). Agricultura orgánica: Situación actual, desafíos y técnicas de producción. Servicio Agrícola y Ganadero.
- Orozco, R., & Muñoz, R. (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.
- Osorio-Vega, N. W. (2009). Microorganismos del suelo y su efecto sobre la disponibilidad y absorción de nutrientes por las plantas. En *Materia orgánica biología del suelo y productividad agrícola* (pp. 43-71). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0003_3
- Paul, E. A. (Ed.). (2015). *Soil microbiology, ecology, and biochemistry* (4ta ed.). Academic Press.
- Peralta-Antonio, N., Bernardo de Freitas, G., Watthier, M., & Silva Santos, R. H. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia*, 37(2), 59-66. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>
- Pérez, A., & Chamorro, L. (2012). Bacterias endófitas: una alternativa biológica para el control de *Burkholderia glumae* en el cultivo del arroz en Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 4(1), 172-184.
- Pérez, A., et al. (2008). Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*, 8(3), 10-29.
- Ramos Agüero, D., & Terry Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.
- Restrepo, J. M., Gómez, J., & Escobar, R. (2014). Utilización de los residuos orgánicos en la agricultura. CIAT; FIDAR.

- Restrepo, J. (2010). ABC de la agricultura orgánica y panes de piedra: Abonos orgánicos fermentados (1ra ed.). Feriva S.A.
- Ríos Vargas, W. D. (2015). Efectos de la aplicación del bocashi en el crecimiento del Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y recuperación de un suelo degradado en el distrito de Daniel Alomía Robles [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/399/T.CSA-140.pdf>
- Salazar Rojas, C. C. (2018). Influencia del tratamiento de residuos orgánicos para mejorar la calidad del Bocashi en el Mercado Sarita Colonia – 2018 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://core.ac.uk/download/pdf/225614505.pdf>
- Sánchez, E. (2013). Evaluación de biofertilizantes en el cultivo de orégano en la Granja Experimental Querochaca [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6530>
- Sánchez Bravo, G. V. (2018). Elaboración de abono Bocashi a partir de residuos orgánicos del mercado Juan Velasco Alvarado para el cultivo de Spinacia oleracea bajo el marco de economía verde en el distrito de Villa El Salvador – Lima 2018 [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/34879>
- Sarmiento Sarmiento, G. J., Amézquita Álvarez, M. A., & Mena Chacón, L. M. (2019). Uso de bocashi y microorganismos eficaces como alternativa ecológica en el cultivo de fresa en zonas áridas. *Scientia Agropecuaria*, 10(1), 55-61. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.06>
- Shintani, M., Leblanc, H., & Tabora, P. (2000). Bokashi (Abono Orgánico Fermentado): Tecnología tradicional adaptada para una agricultura sostenible. Universidad EARTH. <https://bocashi.files.wordpress.com/2010/10/bokashi-earth.pdf>
- Sosoranga Paqui, C. (2018). Elaboración y evaluación de tres tipos de bocashi con la aplicación de microorganismos eficaces (EM) en diferentes UPAs de la comunidad La Matara, cantón Saraguro [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja]. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/20023>
- Soto, G. (2003). Abonos orgánicos: Definiciones y procesos. En Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impacto en la agricultura (pp. 21-51). CIA.
- Suclupe Cajusol, E. Y. (2019). Comparación de la eficiencia entre Bioabono Bocashi y urea en el rendimiento del cultivo de maíz híbrido Inia 617 [Tesis de pregrado,

Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35265>

Suquilanda Valdivieso, M. (2017). Manual agroecológico de suelos. MAGAP.

<http://balcon.magap.gob.ec>

Tapia, M., & Fries, A. M. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO; ANPE.

Terry Alfonso, E., & Ramos Agüero, D. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.

Toala Moreira, E. E. (2013). Diseño de un biodigestor de polietileno para la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado en el Rancho Verónica [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3406>

Vásquez, E. (2018). Evaluación química de bocashi con aplicación de EM en el cantón Saraguro provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 8(1), 12-21.

Vásquez Proaño, D. (2008). Producción y elaboración de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

Villagómez Castillo, D. (2014). Elaboración de bocashi a partir de residuos del faenamiento de animales del camal de La Maná, Provincia de Cotopaxi [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7707>

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes