



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE
COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS
GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

JULIACA - PERÚ

2026



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

**MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE
COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS
GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

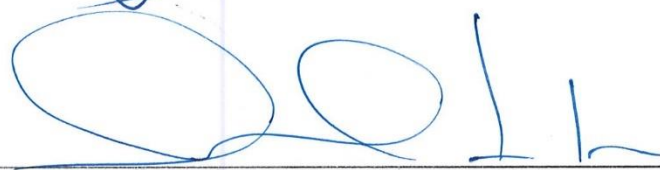
PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

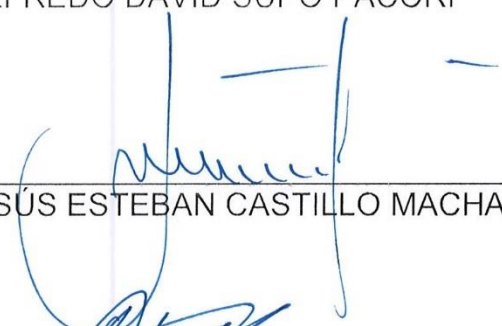
PRIMER MIEMBRO

:


Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

SEGUNDO MIEMBRO

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:


Ing. ADWAR RANULFO SANCHES CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 0073-2026-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de enero del 2026

VISTO: El expediente N° 2026-CU-000252 presentado por el (la) Bachiller: **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Mgtr. WILFREDO DAVID SUPO PACORI
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 29 de enero del 2026
- * **HORA** : 08:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

cc.
Archivo 2026

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1781-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 29 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-12262 por el señor (a): **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO – N° 1162-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 087 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 087 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Cesar G. Camargo Najjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1283-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 14 de octubre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-9236, presentado por el señor (a) **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 936-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 075 - 2025 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA**, ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **M.Sc. Jesús Esteban Castillo Machaca** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 075 - 2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

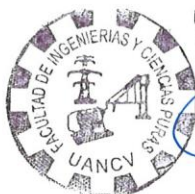
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulada: **MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Wilky Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA

MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADO...

 Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:597782282

Fecha de entrega

5 jun 2026, 23:05 GMT-5

Fecha de descarga

6 jun 2026, 10:27 GMT-5

Nombre del archivo

T036_45965525_T.docx

Tamaño del archivo

21.6 MB

104 páginas

14.359 palabras

77.933 caracteres



15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 9%  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.



OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor



Número de documento de identidad	01323821
Datos de investigación	
Línea de investigación	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Antonio de Putina Distrito: Putina Coordenadas: Latitud: -14.91416 Longitud: -69.86855 URL Maps:  https://goo.gl/maps/nt4sLSEZ5FbBx6q67?g_st=aw
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2025 – Enero 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁRDENAS VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. RUTH MAMANI APAZO
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA, identificado con DNI

Nro. 45965525, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación**, ☐ **Trabajo Académico**
denominada:

MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE
RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Es un tema original.

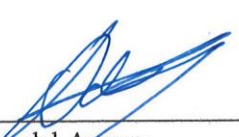
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 24 de Abril del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios, a mi padre Félix Miranda Quispe y
mi madre Andrea Quilla Lipa y familiares
que siempre estuvieron apoyándome
completamente.



AGRADECIMIENTO

A mi casa de estudios, la UANCV, que me permitió dar mis primeros pasos en el ámbito profesional y me facilitó el acceso al saber.



ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática.....	14
1.2. Planteamiento del problema	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Justificación de la investigación.....	16
1.3.1. Justificación social.....	16
1.3.2. Justificación económica	16
1.3.3. Justificación técnica	17
1.4. Objetivos	17
1.4.1. Objetivo general	17



1.4.2. Objetivos específicos.....	18
1.5. Hipótesis	18
1.5.1. Hipótesis general.....	18
1.5.2. Hipótesis específicas.....	18
1.6. Variables e indicadores.....	19
1.6.1. Operación de variables	19
 CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedente Internacional	20
2.1.2. Antecedente Nacional	23
2.1.3. Antecedente local.....	26
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Residuos solidos	28
2.2.2. Residuos Orgánicos	28
2.2.3. Compostaje	28
2.2.4. Los Microorganismos Eficaces (EM).....	37
2.2.5. La calidad del compost.....	40
2.3. Marco conceptual	42
2.3.1. Los residuos sólidos municipales.....	42
2.3.2. Residuos orgánicos municipales.....	43



2.3.3. Compost	43
2.3.4. Calidad del compost	43
2.3.5. pH	43
2.3.6. Descomposición	44
2.3.7. Conductividad eléctrica	44
2.3.8. Macronutriente	44
2.3.9. Microflora	44
2.3.10. Micronutrientes	44

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de la investigación	45
3.2. Nivel de investigación	45
3.2.1. Enfoque de la investigación	45
3.3. Diseño de la investigación	45
3.4. Técnicas e instrumentos de investigación	46
3.4.1. Técnicas	46
3.4.2. Instrumentos	46
3.5. Materiales y equipos	46
3.5.1. Materiales	47
3.5.2. Equipos	47
3.5.3. Reactivos e insumos	47



3.6. Lugar de estudio	48
3.6.1. Ubicación de puntos de muestreo.....	48
3.7. Población y muestra	49
3.7.1. Población.....	49
3.7.2. Muestra.....	49
3.8. Procedimiento metodológico	49

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados Y Análisis	55
4.1.1. Resultados de tratamiento de compost con microorganismos eficaces .	55
4.2. Discusiones.....	78
CONCLUSIONES.....	79
RECOMENDACIONES	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS.....	85



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de punto de monitoreo	48
Figura 2 Características de cada unidad experimental (pilas)	49
Figura 3 Armado de pilas de compostaje	50
Figura 4 Pilas composteras	51
Figura 5 Contenido de la humedad de compost vs. Rangos	56
Figura 6 Contenido de la conductividad eléctrica de compost vs. Rangos	58
Figura 7 Contenido de la pH de compost vs. Rangos.....	59
Figura 8 Contenido de materia orgánica en compost vs. Rangos	61
Figura 9 Contenido de nitrógeno total de compost vs. Rangos	62
Figura 10 Contenido de fósforo de compost vs. Rangos	64
Figura 11 Contenido de potasio de compost vs. Rangos	65
Figura 12 Contenido de Calcio en compost vs. Rangos	67
Figura 13 Contenido de Magnesio en compost vs. Rangos.....	68
Figura 14 Contenido de cobre en compost vs. Rangos	70
Figura 15 Contenido de Zinc en compost vs. Rangos	71
Figura 16 Contenido de Plomo en compost vs. Rangos.....	74
Figura 17 Contenido de cadmio en compost vs. Rangos	75
Figura 18 Contenido de cromo en compost vs. Rangos	77



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de calidad para compost.	42
Tabla 2 Dimensiones de pilas de compostaje	49
Tabla 3 Tratamiento experimental	50
Tabla 4 Parámetros a analizar.....	54
Tabla 5 Resultados del parámetro de humedad del compost con los tratamientos de con EM.....	55
Tabla 6 Parámetro de calidad de compost para la humedad.....	56
Tabla 7 Resultados del parámetro de conductividad eléctrica del compost con los tratamientos de EM.	57
Tabla 8 Parámetro de calidad de compost para la conductividad eléctrica	57
Tabla 9	58
Tabla 10 Parámetro de calidad de compost para el pH.....	59
Tabla 11 Resultados del parámetro de MO del compost con los tratamientos de EM.	60
Tabla 12 Parámetro de calidad de compost para la MO.....	60
Tabla 13 Resultados del parámetro de Nitrógeno total (Nt) del compost con los tratamientos de EM.	61
Tabla 14 Parámetro de calidad de compost para la Nitrógeno total.....	62
Tabla 15 Resultados del parámetro de Fosforo (P ₂ O ₅) del compost con los tratamientos de EM.....	63
Tabla 16 Parámetro de calidad de compost para Fosforo (P ₂ O ₅).....	63
Tabla 17	64
Tabla 18 Parámetro de calidad de compost para potasio (K ₂ O)	65
Tabla 19 Resultados del parámetro de calcio (CaO) del compost con los tratamientos de EM.....	66
Tabla 20 Parámetro de calidad de compost para potasio calcio (CaO)mg/kg	66
Tabla 21 Resultados del parámetro de magnesio (MgO) del compost con los tratamientos	



de EM.....	67
Tabla 22 Parámetro de calidad de compost para magnesio (MgO).....	68
Tabla 23 Resultados del parámetro de cobre (Cu) del compost con los tratamientos de EM.....	69
Tabla 24 Parámetro de calidad de compost para cobre (Cu)	69
Tabla 25 Resultados del parámetro de zinc (Zn) del compost con los tratamientos de EM.	70
Tabla 26 Parámetro de calidad de compost para cobre (Cu)	71
Tabla 27 Resultados de la relación C: N del compost con los tratamientos de EM.....	72
Tabla 28 Parámetro de calidad de compost la relación C: N	72
Tabla 29 Resultados de plomo (Pb) del compost con los tratamientos de EM.....	73
Tabla 30 Parámetro de calidad de compost la relación plomo (Pb).....	73
Tabla 31 Resultados de cadmio (Cd) del compost con los tratamientos de EM.....	74
Tabla 32 Parámetro de calidad de compost la relación cadmio (Cd).....	75
Tabla 33 Resultados de cromo (Cr) del compost con los tratamientos de EM	76
Tabla 34 Parámetro de calidad de compost la relación cromo (Cr)	76



RESUMEN

El actual análisis poseyó como propósito medir la condición del compost obtenido de una combinación de cuatro clases de desechos orgánicos (estiércol vacuno, desperdicios de mercado, estiércol ovino y restos de cosecha), con tres dosis de EM, llevada a cabo en Putina. Para ello, se esgrimió el procedimiento experimental bajo un diseño totalmente aleatorizado, empleando 12 compostadoras de 1.5 m x 2.5 m, y se ejecutó un seguimiento continuo de los indicadores de temple, pH, conductividad eléctrica y humedad. Los análisis de laboratorio de las muestras revelaron que los indicadores de relente, conductividades eléctricas, pH, nitrógeno total, materia orgánica, potasio, fósforo, magnesio, calcio, cobre, cromo, correspondencia C:N y plomo cumplen con las normativas de compost de condición establecidos por la IIAP-Iquitos, EPA Australia, la Normativa Técnica Chilena y la FAO. Se ultima que el uso de EM resultó efectivo para originar compost de condición a partir de los restos orgánicos del distrito de Putina, Puno, durante el año 2025, observándose una mejora en la eficiencia del proceso de compostaje en el tratamiento 2 (1500 ml de EM) y en la condición del producto final, en cotejo con el procesamiento convencional sin EM y con los demás tratamientos aplicados.

Palabras claves: compost, metales pesados, microorganismos eficaces.



ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the quality of compost produced from a mixture of four types of organic waste (cattle manure, market waste, sheep manure, and crop residues) with three different levels of organic matter, conducted in Putina. To this end, a completely randomized experimental design was employed, using 12 compost bins measuring 1.5 m x 2.5 m, and continuous monitoring of temperature, pH, electrical conductivity, and moisture content was conducted. Laboratory analyses of the samples revealed that the indicators for moisture content, electrical conductivity, pH, total nitrogen, organic matter, potassium, phosphorus, magnesium, calcium, copper, chromium, C:N ratio, and lead comply with the compost quality standards established by IIAP-Iquitos, the Australian EPA, Chilean Technical Standards, and the FAO. It is concluded that the use of EM was effective in producing compost from organic waste in the district of Putina, Puno, during 2025, with an improvement observed in the efficiency of the composting process in treatment 2 (1500 ml of EM) and in the quality of the final product, compared to conventional processing without EM and the other treatments applied.

Keywords: compost, moisture, metals, effective microorganisms.



INTRODUCCIÓN

En el distrito de Putina, los desechos orgánicos generados proceden de restos de cultivos y estiércol animal, ya que esta localidad se caracteriza por sus diligencias pecuarias y agrícolas. Esta realidad impulsa la búsqueda de disyuntivas para procesar o aprovechar dichos restos con el objetivo de elaborar fertilizantes biológicos que puedan ser incorporados a la superficie.

La transformación de restos orgánicos frescos en compost tiene tres objetivos principales: eliminar su toxicidad para las plantas, reducir patógenos peligrosos para la salubridad humana, vegetal y animal, y originar un fertilizante orgánico o enmienda de la superficie mediante el reciclaje de biomasa. En líneas generales, las particularidades químicas y físicas del compost transforman como el material inicial, los contextos del proceso y su grado de descomposición.

Para lograr un compost de buena condición, es necesario considerar diversos indicadores tales como el relente, el pH, la salinidad, el contenido de nutrimentos, demás.

La aplicación de EM a lo largo de todo el proceso de compostaje reduce la polución de la superficie y elimina los malos olores, al tratarse de una combinación de microorganismos beneficiosos (levaduras, microbios fotosintéticos y bacterias lácticas); asimismo, su uso facilita el aprovechamiento de los restos orgánicos en el compostaje.

Este estudio plantea utilizar el producto EM-Compost con el fin de producir un compost de mayor condición que pueda ser empleado en las parcelas de los habitantes del distrito de Putina; así, los agricultores dispondrán de abono orgánico



y se impedirá el empleo de estiércoles que dañen el suelo. En el Capítulo I, se choca el planteamiento del problema, el propósito general, el problema y la hipótesis

En el Capítulo II, se desarrolla el marco teórico (fundamentos teóricos y antecedentes).

En el Capítulo III, se aborda el plan, las sistemáticas y los instrumentos del estudio, incluyendo la urbe y la prueba.

En la sección IV, se muestran los hallazgos y las discusiones.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

El distrito de Putina, situado en San Antonio de Putina, Puno, Perú, afronta una problemática común en muchas zonas altoandinas y rurales del país: la impropia gestión de los restos sólidos municipales. (MINAM, 2021)

Los restos orgánicos, que simbolizan una proporción significativa de los restos generados, suelen destinarse a botaderos a cielo abierto o disposición inadecuada, generando polución del suelo, agua superficial y acuífera, manifestaciones de gases de retención de calor solar (como metano), proliferación de vectores de enfermedades y riesgos para la salud pública. (PNUMA, 2015)

En particular, el manejo deficiente de estos residuos orgánicos contribuye a la degradación ambiental en una región vulnerable como el altiplano, cercana al Lago Titicaca, donde la eutrofización y la polución por lixiviados son amenazas latentes. La ausencia o limitación de sistemas de valorización, como el compostaje, agrava el problema, ya que no se aprovecha el potencial de estos residuos para generar abono orgánico útil en la agricultura local, predominante en la zona.



El uso de EM, una tecnología de bioaumentación basada en consorcios de bacterias lácticas, levaduras y actinomicetos nos representa una disyuntiva viable y de bajo coste para acelerar y optimizar los procesos de compostaje. Sin embargo, en Putina no se ha evaluado su aplicación específica a los residuos orgánicos locales, lo que limita la implementación de soluciones sostenibles adaptadas al contexto climático frío y de altitud (que afecta la actividad microbiana natural). (Higa & Parr, 1994)

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿En qué medida la aplicación de microorganismos eficaces (EM) influirá en la generación de compost de calidad a partir de residuos orgánicos en el distrito de Putina, Puno, en el año 2025?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el procedimiento técnico adecuado para la implementación de pilas de compostaje destinadas al tratamiento de los residuos orgánicos generados en el distrito de Putina?
- b) ¿Cómo influyen las diferentes concentraciones y frecuencias de inoculación de microorganismos eficaces (EM) en los parámetros cinéticos del proceso de compostaje?
- c) ¿Qué calidad tendrá el compost producido mediante la aplicación de microorganismos eficaces con los estándares de calidad establecidos en la normativa, en términos de madurez, contenido nutricional (N, P, K), ausencia de metales pesados?



1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación social

El análisis se justifica socialmente por su contribución a el perfeccionamiento de la condición de vida en el distrito de Putina, una comunidad rural altoandina con aproximadamente 15,000 habitantes (según censo INEI 2017, con proyecciones al 2025), donde la gestión inadecuada de residuos orgánicos genera riesgos sanitarios como proliferación de vectores de enfermedades (moscas, roedores) y polución de fuentes de agua, afectando especialmente a poblaciones vulnerables como niños, ancianos y agricultores. El compostaje con EM promueve la participación comunitaria en prácticas sostenibles, fomentando la educación ambiental y el empoderamiento local, alineándose con la LGA (Ley N° 28611) y políticas de inclusión social en Puno. Además, al generar compost de calidad para la agricultura familiar que predomina en la zona con cultivos como papa y quinua, se disminuye la dependencia de estiércoles químicos costosos, mejorando la seguridad alimentaria y mitigando la pobreza rural.

1.3.2. Justificación económica

La investigación es relevante al ofrecer una alternativa de bajo costo para la gestión de residuos en Putina, donde el presupuesto municipal para residuos es limitado (estimado en <1% del total, según informes del MEF para distritos similares). El compostaje convencional cuesta ~50-100 soles/tonelada en disposición, pero con EM se reduce a ~20-50 soles/tonelada al acelerar el proceso y generar un producto vendible. Para agricultores locales, el uso de compost EM mejora rendimientos en un 10-20%, reduciendo gastos en fertilizantes químicos, y fomentando ingresos adicionales por venta de excedentes. A nivel distrital, se estima una reducción del 40-60% en volúmenes a botaderos. Esta propuesta alinea

con la Economía Circular promovida por el DL 1278 (Ley de Residuos Sólidos), generando empleos verdes (ej. operadores de compostaje) y atrayendo fondos de programas como ProAmbiente o cooperación internacional, con un costo-beneficio positivo que justifica su implementación sostenible.

1.3.3. Justificación técnica

El análisis se justifica por la miseria de optimizar el compostaje en condiciones adversas como las del altiplano puneño (altitud $>3,800$ msnm, temperaturas bajas $<10^{\circ}\text{C}$ promedio, que ralentizan la descomposición natural). Los EM, un consorcio de microbios beneficiosas (lácticas, fotosintéticas, levaduras), aceleran el proceso en un 30-50% según estudios. En Putina, donde los residuos orgánicos (restos vegetales, estiércol, desechos de mercados) representan aproximadamente el 60% de los residuos sólidos (basado en datos regionales del MINAM), la aplicación de EM permite una bioaumentación eficiente, minimizando olores y lixiviados contaminantes, y produciendo compost que cumple normas. Esta innovación técnica es viable con recursos locales de bajo costo (EM se produce a partir de melaza y agua), y el estudio proporcionará protocolos adaptados, validando su eficacia mediante experimentos piloto, lo que facilita su replicabilidad en otras zonas altoandinas peruanas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la aplicación de los microorganismos eficaces (EM) en la generación de compost de calidad a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Putina, Puno, en el año 2025



1.4.2. Objetivos específicos

- a) Implementar la instalación de pilas para la generación de compostaje a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Putina
- b) Determinar la influencia de las diferentes concentraciones y frecuencias de inoculación de microorganismos eficaces (EM) sobre los parámetros cinéticos del proceso de compostaje.
- c) Determinar la calidad del compost producido mediante la aplicación de microorganismos eficaces con los estándares de calidad establecidos en la normativa, en términos de madurez, contenido nutricional (N, P, K), ausencia de metales pesados

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de una concentración y frecuencia óptima de Microorganismos Eficaces (ME) incrementa significativamente la eficiencia del proceso de compostaje (reducción del tiempo de maduración) y mejora la calidad del compost, a partir de residuos orgánicos municipales del Distrito de Putina, 2025.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) Los residuos orgánicos municipales generados en el Distrito de Putina poseen una composición (físico-química) idónea y una relación Carbono/Nitrógeno (C/N) adecuada para ser utilizados directamente en la implementación de pilas de compostaje con resultados óptimos.
- b) La inoculación con una concentración y frecuencia óptima de Microorganismos Eficaces (EM) generará una influencia significativa en los

parámetros cinéticos del proceso de compostaje, acelerando la fase termófila (mayor temperatura) y logrando una estabilización más rápida del pH y la humedad en comparación con el tratamiento sin EM.

- c) El compost producido en las pilas inoculadas con la dosis óptima de Microorganismos Eficaces (EM) presentará una calidad superior y cumplirá con los estándares normativos para abonos orgánicos, evidenciado por un mayor grado de madurez, mejor contenido nutricional (N, P, K) y ausencia de metales pesados

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. Operación de variables

Variable	Dimensiones	Indicadores	Unidad de Medida	Instrumento
Variable independiente	- Dosis de microorganismos eficaces	- volumen de solución de EM	- ml	- Probeta graduada
Microorganismos eficaces				
Variable dependiente	:	- pH	-	- Phmetro
		- temperatura	- °C	- termómetro
	Parametros fisicoquimicos	- conductividad	- us/cm	- conductímetro
Calidad del compost		- humedad	- %	- estufa
		- N,P,K	meq/100g	- metodo Kjeldahl
		- Plomo	- mg/kg	-
		- Cadmio	- mg/kg	espectofotometro
		-Zinc	- mg/kg	
		- Cromo	- mg/kg	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedente Internacional*

Abebe et al. (2020) en su análisis "Efecto de la inoculación microbiana sobre la renovación de nutrientes y la degradación de la lignocelulosa durante el compostaje: un metaanálisis", describe que se realizó un metaanálisis cuantitativo para estimar el efecto general de los inóculos microbianos sobre el contenido de nutrientes, la humificación y la degradación lignocelulósica. Se realizaron análisis de metarregresión y moderadores para dilucidar los factores abióticos y bióticos que controlan la eficacia de los inóculos microbianos. Estos análisis demostraron los efectos beneficiosos de los inóculos microbianos en el nitrógeno total (+30%), el fósforo total (+46%), el índice de madurez del compost (relación C:N (-31%), la humificación (+60%) y el índice de germinación (+28%). El tamaño del efecto medio fue de -46%, -65% y -40% para celulosa, hemicelulosa y lignina respectivamente. Sin embargo, el tamaño del efecto fue marginal para las concentraciones de nutrientes biodisponibles de fosfato, nitrato y amonio. La eficacia de los inóculos microbianos depende de la forma del inóculo, el tiempo de inoculación, el método de compostaje y la duración experimental. El tamaño del efecto del inóculo



microbiano fue consistente bajo diferentes tipos de materia prima y escalas experimentales. Estos hallazgos implican que los inóculos microbianos son importantes para acelerar la degradación de la lignocelulosa. Los tamaños del efecto medio más altos tienden a publicarse en revistas con factores de impacto más altos, por lo que se debe alentar a los investigadores a publicar hallazgos no significativos para proporcionar una estimación más confiable del tamaño del efecto y aclarar dudas sobre los beneficios de los inóculos microbianos para compostaje.

Así también en el informe de (Yang, y otros, 2023) titulado “Efectos del inóculo microbiano y aditivos en el compostaje en pilas de estiércol de vaca”, cuyo objetivo fue explorar la reutilización de residuos sólidos orgánicos agrícolas como recurso en el delta del río Amarillo, se estudiaron los efectos del inóculo microbiano y diferentes aditivos (superfosfato de calcio, biocarbón, paja de tomate, cascarilla de arroz y residuos de azúcar) en el compostaje en pilas de estiércol de vaca para obtener las mejores condiciones de compostaje. Los resultados mostraron que el inóculo microbiano y los aditivos desempeñaron papeles positivos en el proceso de compostaje aeróbico, y los grupos experimentales superaron a los grupos de control sin aditivos. Para la discusión, el inóculo microbiano promovió un calentamiento rápido del cuerpo de la pila más que los materiales de recuperación solos, y los efectos en el compostaje aeróbico se relacionaron con la materia orgánica de los sustratos y el biocarbón. Después del compostaje, todos los materiales se descompusieron satisfactoriamente. La degradación de los aditivos en ácido húmico podría servir como lanzaderas de electrones para promover una desintegración completa de la materia orgánica. Estos hallazgos suministran una base científica para el compostaje industrial de restos sólidos orgánicos procesados mediante apilamiento en sitio y brindan una referencia para investigadores y



profesionales para estudiar las aplicaciones del inóculo microbiano en el compostaje aeróbico.

Así también Salih et al. (2024) en su informe "El papel del inóculo microbiano en la mejora del rendimiento del compostaje y la promoción de la maduración del compost" tuvo como propósito acelerar el compostaje de residuos orgánicos siguiendo un objetivo clave tanto en la investigación como en la práctica. Esta revisión busca examinar críticamente los avances recientes en estrategias de inoculación microbiana (IM) y su papel en la mejora del rendimiento del compostaje y la promoción de la maduración del compost. Sintetiza los hallazgos sobre inóculos microbianos, incluyendo cepas individuales y consorcios, y sus efectos en las fases de compostaje, la sucesión microbiana y las funciones metabólicas. Analiza la influencia de la IM en parámetros fisicoquímicos, como el contenido de humedad, el pH, la temperatura y el balance de nutrientes, y su impacto en la estabilidad y la humificación del compost. Aborda el impacto de los microplásticos en las colectividades microbianas durante el compostaje, destacando cómo estos pueden alterar la dinámica microbiana y afectar la calidad del compost. La IM mejora la eficiencia de la disgregación de MO, acorta el tiempo, perfecciona la supresión de patógenos y produce un compost de mayor calidad. Las inoculaciones estimulan la síntesis de enzimas, aceleran las descomposiciones de la materia orgánica, elevan las temperaturas, impulsan la humificación y mejoran la maduración del compost. Esta revisión subraya la trascendencia de la IM para optimizar la biotransformación de los residuos orgánicos, contribuyendo así a la gestión razonable de restos y la recuperación de recursos. Identifica lagunas en la investigación y sugiere futuras direcciones de investigación, incluidos ensayos de inoculación a gran escala, evaluaciones de viabilidad económica y el desarrollo de protocolos estandarizados



de dosificación microbiana para respaldar los sistemas de compostaje industriales y municipales.

2.1.2. Antecedente Nacional

En la investigación de Baldeon (2023) titulada "Valoración de la condición del compost elaborado por medio de restos orgánicos mediante el uso de microbios eficientes en San Isidro, Lima. El análisis poseyó como propósito: Establecer la condición del compost elaborado desde restos orgánicos con el empleo de EM, en San Isidro, Lima, a lo largo del año 2023, en el marco del programa de aprovechamiento de restos orgánicos. La metodología utilizada fue la siguiente: El modelo aplicado en este estudio fue de tipo explicativo y aplicado. Se produjo compost esgrimiendo restos orgánicos inoculados con EM; luego se evaluó el proceso de compostaje y las variables fisicoquímicas, y se efectuó una comparación con algunos indicadores de referencia, como los de la FAO y el IIAP: Los valores registrados fueron: pH entre 5.89 y 8; humedad del 45% al 55%; temple de 21.5 °C a 61.3 °C; conductividad eléctrica de 2.35 S.m⁻¹; materia orgánica del 50%; nitrógeno total de 1.18%; P₂O₅ del 0.8%; K₂O del 2.4%; CaO del 2.5%; y MgO de 755 mg/kg. Se ultima que el compost producido con EM se ajusta a los rangos considerados para un compost de buena condición, según los parámetros de la FAO y del IIAP de Iquitos.

Por otro lado la investigación desarrollada por Castillo (2019), denominada " Valoración de la condición del compost producido desde los desechos orgánicos y EM en Huayucachi, Huancayo ", poseyo como propósito esencial valorar la condición del compost producido mediante la mezcla de cuatro tipologías de restos orgánicos (excremento de vaca, excremento de oveja, sedimentos de cosecha y



desechos de mercado), con la incorporación de tres cuantía de EM al 5%, ejecutado en Huayucachi, Huancayo. En el análisis se empleó el método experimental con un diseño totalmente al azar, esgrimiendo 12 composteras de 0.8 m x 0.6 m, y se efectuó un monitoreo constante de las variables temple, pH, humedad y conductividad eléctrica. Los muestreos se analizaron en el recinto de estudios de superficies, aguas, plantas y fertilizantes de la UNALM. Los hallazgos permitieron concluir que los indicadores de relente, conductividad eléctrica, pH, MO, fósforo, N total, calcio, potasio, cobre, magnesio, correspondencia C:N, Pb y Cr se hallan dentro de los intervalos considerados para un compost de condición, como la Normativa Técnica Chilena, , IIAP-Iquitos, FAO y EPA Australia. En cambio, metales como Cd y zinc sobrepasan los límites de condición establecidos por la EPA-Australia y la Normativa Técnica Chilena, ya que sus reuniones son mayores a 1 ppm. La adición de EM durante el compostaje aumentó los valores de relente, calcio, cobre, conductividad eléctrica, zinc, correspondencia C:N, cromo y cadmio en el compost resultante, en comparación con el compost producido sin EM.

Así además en el artículo de (Rivera, 2011) titulada "Valoración de microorganismos eficientes en métodos de compostaje de restos de malez" El análisis se propuso como propósito cotejar 3 tipos de sustratos (cuy, pavo y res) junto con maleza, contrastando el método convencional y la diligencia de EM, valorando los contextos de temple y pH a lo largo de los procesos de compostaje, así como la condición nutricional y las patrimonios químicas y físicas. El adeudo de campo se ejecutó en las subestructuras de "Cerámica Rivera", en Puente Piedra-Zapallal, y residió en la preparación de 6 montones de compost: tres con el procedimiento tradicional y tres con la diligencia de EM diluido tanto en la formación del montón como en los volteos, con el objetivo de establecer cotejos con cada tipo



de excremento (pavo, cuy y vacuno) y con los restos vegetales creados por la Municipalidad de Olivos provenientes de sus parques y jardines. Durante la primera fase del experimento, el método habitual consistió en el control semanal de temperatura, humedad y pH a lo largo de todo el proceso de compostaje. Por el contrario, con el uso de EM, el temple se registró cada dos días, en tanto que la humedad y el pH se midieron dos veces por semana, a lo largo los 2 meses que duró el compostaje. La segunda fase comprendió la valoración de los compost conseguidos, abarcando los indicadores químicos (contenidos de MO, fósforo, N y potasio); además, se examinaron algunas propiedades físicas en campo (olor y tono) y se efectuó un estudio estadístico para aprobar el experimento. La evolución temporal del temple fue parecida en las 3 pilas, superando los 40 °C, lo que aseguró el correcto desarrollo de la fase termófila, logrando la desinfección de los restos orgánicos compostadas y la disminución de los hedores. A lo largo de todo el proceso de compostaje se monitorearon ciertas propiedades físicas, hallándose similitudes en el tono; no obstante, en cuanto al olor, con la diligencia de EM no se detectaron olores desagradables, en la que que con el procedimiento convencional aparecieron olores molestos a ácido sulfhídrico. En la valoración del compost final se consiguieron mayores valores en las 3 pilas al cotejar todas las variables, alcanzándose excelentes reuniones de MO y de nutrimentos N, P y K. Los valores existieron adentro del rango de pH recomendado (5-8,5). Los valores de nutrimentos por medio de la diligencia de EM en cuy, pavo y res fueron: N (1.8%, 1.95% y 1.64%), P (2.27%, 2.34% y 1.94%) y K (2.88%, 2.96% y 2.55%), principales a los conseguidos con el método convencional: cuy, pavo y res: N (1.71%, 1.76% y 1.68%), P (2.02%, 2.12% y 1.86%) y K (2.43%, 2.46% y 2.42%).



2.1.3. Antecedente local

(Choqueluque & Condori, 2023) En su análisis denominado "Estudio de la condición del compost empleando microorganismos eficientes en la provincia de Puno" durante el año 2023, se planteó como objetivo establecer la influencia de los microbios eficientes en la condición del compost en dicha provincia. Metodológicamente, se estructuró como una investigación de tipo aplicado, de trascendencia explicativo, con método científico y diseño experimental. Además, en la urbe se incorporaron restos orgánicos, restos de cosecha, excremento vacuno y excremento ovino, totalizando 200 kg de materia orgánica; la muestra consistió en 10 unidades antes del experimento y 10 después, denominadas composteras, cada una con 10 kg. Paralelamente, se determinó que todas las variables mostraron un incremento en la efectividad tras la aplicación de EM, con valores de significancia inferiores a 0.05. Se ultima que los EM logran una mayor eficacia en la cuantía de MO del compost en Puno.

Así mismo (Cahuapaza Cotacallapa, 2025) en su análisis "Valoración de la condición del compost por medio de los restos orgánicos creados en restaurants de Puno" tuvo como propósito valorar la condición del compost derivado comenzando en los desechos orgánicos provenientes de los restaurants de Puno, durante el año 2025. El muestreo se compuso de los restos orgánicos recogidos en dos restaurants del Snack Quinta Amanecer, los cuales fueron sometidos a un procedimiento que comprendió las etapas de compilación, clasificación, triturado, homogeneización, descomposición, cribado y embolsado en unidades experimentales de 20 kg. Se partió de 100 kg de restos, obteniendo 45 kg de compost terminable, lo que personifica un beneficio del 45%. Respecto a los indicadores fisicoquímicos, se registraron los siguientes valores: pH de 9,33;



conductividad eléctrica de 6,52 mS/cm; humedad del 40%; nitrógeno total del 1,28%; P del 1,09%; K del 1,50%; MO del 25,57%; carbono orgánico del 14,83% y relación C/N de 11,61. Conjuntamente, los metales sólidos se hallaron dentro de los límites seguros: P <20 mg/kg, Cd 0,35 mg/kg, cromo 35 mg/kg y Mg <0,001 mg/kg. Al comparar con los estándares de condición de la norma técnica peruana NTP 201.208:2021, se observa que el pH (9,33) se halla fuera del intervalo recomendado (6,5 a 8,5), aunque el compost elaborado a partir de restos orgánicos de restaurantes de Puno cumple parcialmente con la NTP 201.208:2021, al presentar varios indicadores (P, relente, potasio, N total, materia orgánica, relación C/N 11,60 y metales sólidos) dentro de los límites establecidos, se concluye que solicita ajustes específicos en su producción para ser óptimo y seguro en agricultura o jardinería.

Así también en el informe de (Coyla Ccari, 2022) " Impacto de los EM en el sumario de compostaje de lodos provenientes de la planta de procesamiento de aguas remanentes de Lampa ". El análisis tuvo como propósito valorar el efecto de los EM en el compostaje de los fangos de la planta de procesamiento de aguas remanentes de Lampa. Se recolectaron 4 muestreos por lecho, haciendo un total de 8 muestreos provenientes de 2 lechos de secado, las cuales fueron tomadas al azar conforme a lo dispuesto en el protocolo de control de lodos de la R.M. 093-2018 Vivienda. Los hallazgos mostraron que el T2 alcanzó un tiempo de sazón de 69 días, mínimo que el T1 y el T3, con porcentajes de eliminación de coliformes fecales del 99.80 %, 99.56 % y 99.80 % para T1, T2 y T3 proporcionalmente; conjuntamente, los valores de nitrógeno, fósforo y potasio se ubicaron dentro del rango establecido por la FAO, con vínculos C/N de 28.6, 22.5 y 22.3 para T1, T2 y T3 respectivamente. Los hallazgos se analizaron por medio de ANOVA y la prueba



de Duncan. Se ultima que los EM influyen en el proceso de degradación, logrando conseguir compost en menor tiempo y optimando la condición del lodo al transformarlo en un fertilizante apto para uso forestal y agrícola.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Residuos solidos

Son componentes, artículos o bienes de estado semisólido o sólido que deben ser eliminados por quien los genera, ya sea por mandato de las normativas nacionales o por su efecto perjudicial en la salubridad y el medio ambiente. Esta tesis asimismo contiene los restos producidos por fenómenos nativos. En síntesis, los restos sólidos abarcan toda sustancia u objeto que ha perdido utilidad, aunque en ocasiones pueda ser reaprovechado. (MINAM, 2016)

Los restos sólidos son componentes, objetos o los subproductos de estado semisólido o sólido que son apartados por quien los produce. El concepto de "generador" alude a toda persona que, a consecuencia de sus diligencias, origina residuos sólidos. (OEFA, 2013)

2.2.2. Residuos Orgánicos

La palabra "residuo" designa a cualquier producto elaborado a partir de procesos de producción, consumo o digestión, y que tiene su origen en seres vivos. Dichos restos están constituidos fundamentalmente por carbono. (MINAM, 2016)

2.2.3. Compostaje

" El compostaje se caracteriza por su efectividad en la exclusión de desechos, a la vez que brinda la posibilidad de esgrimir el producto final obtenido ".
(Carpio, De Carlo, & Cariello, 1997)



"El compostaje se precisa como una técnica de procesamiento para los restos orgánicos, destinada a transformarlos en un producto útil que sirva como fertilizante para optimar la feracidad de las superficies agrícolas. Dicho producto recibe el nombre de compost". (Boulter, Bolaand, & Trevors, 2000)

El compostaje son procesos orgánicos aeróbico que implica la descomposición y estabilización de materiales orgánicos bajo condiciones que favorecen el progreso de temples termófilas elevadas. Esto crea un producto final estable, libre de patógenos y semillas, adecuado para ser aplicado fructuosamente a la superficie. La permanencia de este proceso depende del tipo de residuo, la dimensión de los átomos, la configuración de la pila, la aireación, la humedad y la diligencia biológica. Se estima que el período de transformación dura aproximadamente 170 días, con la provisión de grandes cuantías de materiales en las plantas de compostaje. (ALTAMIRANO & CABRERA, 2006)

2.2.3.1. Etapas del compostaje

"En la mayor parte de los procesamientos de compostaje, se asemejan como mínimo 2 etapas: la fase de descomposición y la fase de maduración". (Soliva, 2001)

Asimismo, la fase de descomposición comprende las fases mesófila y termófila, en tanto que la fase de maduración se subdivide en períodos de enfriamiento y estabilización.

a) Fase de descomposición

Consiste en los procesos mediante el cual las moléculas complejas se descomponen en moléculas más escuetas, tanto inorgánicas como orgánicas. Al



inicio de los procesos, actúan microbios mesófilos que degradan las moléculas de más fácil descomposición. Esta degradación libera energía que se convierte en calor, provocando un incremento progresivo del temple. En esta etapa, el temple puede alcanzar hasta 40 °C, el pH disminuye de un valor neutro a un intervalo de 5.5-6, y la relación C/N cobra una relevancia crucial. El C suministra energía a los microorganismos, en tanto que el N resulta indispensable para la formación de acaecimientos moléculas. Por esta razón, es necesario que la correspondencia C/N se aproxime a 30 para avalar un proceso de disgregación eficaz. (Soliva, 2001)

Conforme progresa la descomposición y las condiciones cambian, comienzan a aparecer microbios termófilos, en tanto que los mesófilos se reducen. En esta fase, los componentes de fácil degradación, como grasas, azúcares, almidón y proteínas, son rápidamente consumidos. En esta etapa termófila, los temples pueden llegar hasta 75 °C, el cual es relevante porque uno de los objetivos esenciales del compostaje es excluir los microorganismos patógenos y las semillas indeseables, asegurando la higiene del producto terminable. En esta fase, se presentan particularidades como un alto consumo de O₂, una importante liberación de energía por parte de los microbios y la transformación de proteínas en péptidos, amoníaco y aminoácidos. Conjuntamente, la mezcla resultante de la degradación proteica logra un pH alcalino, variando de 5,5 a 7,5 (Soliva, 2001), valor que se mantendrá prácticamente inalterado hasta el final del proceso.

A escala industrial, la fase de descomposición puede extenderse a partir de unas semanas hasta diferentes meses, como el tipo de restos y las particularidades del sistema esgrimido. Es fundamental ejecutar esta fase en contextos óptimas, pues ello afecta la fase de maduración e incide notablemente en la condición del producto conclusivo.



b) Fase de maduración

“Consta de dos periodos: una de congelación, que va a partir de los 40 °C hasta el temple ambiente, seguida de una fase de estabilización. En esta última, se puede ver una baja diligencia microbiana y la presencia de corporaciones más complejas”. (Soliva, 2001)

El período de madurez a nivel industrial puede durar a partir de semanas hasta diversos meses, dependiendo del tipo de material procesado y del destino terminable del producto. A lo largo de esta fase, se origina una mengua en la reproducción de ardor y el pH se mantiene en un nivel ligeramente alcalino. En la fase de sazón parcial del compost, proliferan microbios mesófilos y algunos conjuntos de microfauna. Esto genera una elevada rivalidad por los nutrientes, la síntesis de antibióticos y el desarrollo de antagonismo, lo que da lugar a un elemento con relativa estabilidad, dependiendo de la duración de este lapso.

En las vegetaciones de compostaje, el período de madurez se desenvuelve sin las mismas condiciones que operan a lo largo de la etapa de desintegración. Ordinariamente, la sazón se realiza en pilas o sobre plataformas eminentes. No se solicita un sistema de aireación ni volteos frecuentes, puesto que la actividad biológica es notablemente menor y la demanda de oxígeno es mucho más baja en cotejo con el periodo de desintegración. (Soliva, 2001)

2.2.3.2. Factores que condicionan el proceso de compostaje

2.2.3.2.1. Componente biológico

a. Microorganismos

Los microorganismos aeróbicos se nutren de MO y producen tejido celular esgrimiendo fósforo, N, carbono y demás micronutrientes. Una buena parte del carbono funciona como fuente de energía para estos organismos, se oxida y se

libera en forma de CO_2 . Debido a que el carbono orgánico puede valer como energía para los microbios, se solicita más carbono que N en el proceso para la formación de biomasa celular. (Bejarano, 2007)

(Cochachi & Vargas, 2008) cita a Haug (1993), en el que indica que en el proceso de compostaje o maduración participan diversos microbios mesófilos, que posteriormente serán sucedidos por microbios termófilos, cuyo temple óptimo de crecimiento se encuentra por encima de los 40°C , temples que se alcanzan gracias a la diligencia de los propios microbios mesófilos, los cuales retomarán su papel a lo largo de la etapa final de sazón.

b. Invertebrados

Dentro de los invertebrados que participan en el compostaje, destacan nematodos, miriápodos, lombrices, escarabajos, moscas, hormigas y arañas. Las lombrices son las más relevantes, pudiendo criarse e incorporarse a la mezcla para obtener vermicompost, un material de alta condición. En este proceso actúan conjuntamente los microorganismos (responsables del compostaje básico) y las lombrices (que aceleran la maduración de residuos biodegradables y potencian su humificación). Asimismo, organismos como ciempiés o chinches desmenuzan restos vegetales, facilitando la acción de hongos, bacterias y actinomicetos y, por ende, apresurando la descomposición de la materia orgánica. (Cochachi & Vargas, 2008)

2.2.3.3. Variables involucradas en el proceso de compostaje

Se ha perfeccionado un procedimiento para monitorear las variables que influyen en la degradación aerobia. Estas variables contienen el tamaño de partícula, la relación carbono-nitrógeno, la humedad, la acidez, la temperatura, la

aireación, la conmoción y el control de patógenos. Estos parámetros son ajustables y su correcta gestión garantiza el óptimo desarrollo del proceso. Es importante alcanzar su efecto en el crecimiento de los conjuntos microbianos diligentes. (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994)

a) Aireación

La ventilación es esencial en un proceso aeróbico. La concentración de oxígeno en el íntimo del residuo no debe descender por abajo del 5 % o 7 %. Sus funciones son variadas:

- Suministrar el oxígeno necesario para la actividad microbiana.
- Controlar la abundancia de relente mediante la vaporización.
- Conservar un temple apropiado.

b) Temperatura

El temple tiene un impacto considerable en la prontitud de desintegración de la MO a lo largo del compostaje. Los temples ideales para este proceso oscilan entre 45 y 59 °C. Si el temple baja de 20 °C o prevalece los 59 °C, se interrumpe el desarrollo microbiano, lo que frena el proceso de degradación de la MO.

Los microbios son más efectivos en la descomposición cuando operan cerca del límite superior de su rango de temple óptimo. Subsiguientemente, el compostaje resulta más eficiente cuando los temples se mantienen en el extremo más alto autorizado, sin comprometer la diligencia de los microbios.

c) pH

El pH es un factor determinante para la supervivencia y actividad de los microbios, pues valores excesivos pueden resultar perjudiciales para ciertos



conjuntos. Para promover urbes microbianas variada al inicio del compostaje, es fundamental conservar un pH entre 6 y 7,5.

Cuando el pH cae por abajo de 6, las diligencias microbianas vinculada a la desintegración alcanza niveles elevados o cercanos a ellos, lo que promueve la metamorfosis del N en amonio, afectando de manera negativa el crecimiento y el desempeño de los microbios.

Además de su efecto sobre la diligencia microbiana, el pH además refleja el avance del proceso. Al principio, el pH puede reducir a causa de la generación de ácidos libres, pero a medida que el proceso progresa, suele aumentar por la liberación de amoníaco a lo largo de la desintegración de las proteínas. (Soliva, 2001)

d) Humedad y porosidad

El relente del material a compostar resulta fundamental en este proceso. Los microbios solo pueden esgrimir las sustancias orgánicas si estas se hallan disueltas en H₂O. Conjuntamente, el H₂O facilita el movimiento y la adherencia de los microbios. Con bajos niveles de relente, el compostaje puede ralentizarse o inclusive detenerse, y la diligencia biológica se ve perjudicada cuando el relente desciende por abajo del 40%, llegando a ser usualmente nula. (Haug, 1993)

Por otra parte, una humedad excesiva junto con una baja esponjosidad puede restringir el cambio de oxígeno, siendo insuficiente para cumplir con las exigencias metabólicas de los microorganismos. Esta situación puede originar malos olores, generación de lixiviados y reducción de nutrientes. El porcentaje de humedad idóneo para el proceso de compostaje normalmente se encuentra entre el 40% y el 60%, si bien dicho rango puede modificarse dependiendo de las



características de los materiales que se van a compostar. (Castillo, Eresue, Rodríguez, & Rugama, 2002)

Junto con el relente, la porosidad constituye otro factor esencial en el compostaje. Esta se entiende como el volumen de espacios vacíos en relación con el total, y es fundamental para asegurar que existan cavidades bien repartidas con una mezcla equilibrada de agua y oxígeno. Cuando el material a compostar no posee esta propiedad, resulta necesario añadir sustancias estructurantes para mejorar dicha condición y propiciar un entorno adecuado para el proceso.

e) Nutrientes – Relación C/N

Es indispensable obtener una armonía nutricional conveniente para un compostaje efectivo, principalmente entre dos factores clave: el nitrógeno (N) y el carbono (C). Conservar una proporción adecuada entre dichos nutrientes resulta esencial para impedir un proceso excesivamente lento cuando la proporción de carbono es elevada respecto al nitrógeno, o la pérdida de nitrógeno cuando la relación C/N es baja. Se considera que una relación C/N óptima se sitúa entre 25 y 35, dado que los microorganismos consumen entre 15 y 30 unidades de carbono por cada unidad de nitrógeno. Esta correspondencia resulta crucial en las fases iniciales del compostaje, en su dinámica y en el desarrollo de las etapas de descomposición y maduración. (Castillo & Rugama, 2002)

f) Población microbiana

El compostaje incluye distintos tipos de bacterias, hongos y actinomicetos que, por sus diferencias metabólicas y nutricionales, tienen la facultad de transformar tanto compuestos químicos básicos como complejos presentes en las fracciones orgánicas, por ejemplo, proteínas, grasas, lignina, celulosa y

aminoácidos. La presencia de compuestos complejos puede ralentizar este proceso, pues solicita la producción de enzimas determinadas para su adulación.

2.2.3.4. Ventajas del uso de compost

✓ Mejorador de las propiedades del suelo

Chauca (2014), indicó que el uso del compost como rectificación orgánica o como producto que repone MO en los suelos agrícolas posee un gran potencial, pues la existencia de dicha MO en la superficie en ritmos apropiadas es esencial para aseverar la fertilidad.

a. Mejora las propiedades físicas del suelo

La MO ayuda propiciamente a optimar la estabilidad de la estructura de los adheridos de la superficie agrícola (volviéndolos más permeables en suelos arcillosos o sólidos y más compactos en los arenosos o ligeros), aumenta la filtración al H₂O y a los gases, y ayuda a incrementar la cabida de conservación de H₂O de la superficie por medio de la formación de adheridos (Chauca, 2014)

b. Mejora las propiedades químicas

La materia orgánica aporta los macronutrientes P, K, N, además de optimar la cabida de intercambio catiónico de la superficie. Dicha propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos de la superficie y liberarlos posteriormente para las plantas, previniendo de esta manera su pérdida o lixiviación. Igualmente, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica constituyen complejos y quelatos estables, lo que favorece la probabilidad de que sean incorporados por los vegetales (Chauca, 2014)



c. Mejora la actividad biológica del suelo

La MO de la superficie actúa como fuente de brío y alimento para los microbios que viven en él. Estos organismos dependen del humus para su subsistencia y participan en su descomposición o mineralizaciones. Una urbe microbiana activa es un indicador de la fertilidad de la superficie (Chauca, 2014)

2.2.4. Los Microorganismos Eficaces (EM)

El concepto de EM fue creado por el profesor Teruo Higa, de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. (Higa & Wididana, 1991). Los EM son un cultivo mixto de microbio benéficos de ocurrencia natural, los cuales pueden utilizarse como inoculantes para incrementar la variedad microbiana de los suelos y las plantas.

Estudios han justificado que la aplicación de cultivos de EM en el ecosistema suelo-planta puede mejorar la condición y la salubridad del terreno, así como el crecimiento, la productividad y el estado de los cultivos agrícolas. Los EM incorporan especies seleccionadas de microorganismos, incluyendo grupos predominantes de bacterias lácticas y levaduras, junto con una menor cuantía de bacterias fotosintéticas. Todos ellos son mutuamente compatibles y idóneos de coexistir en un cultivo líquido. (EPA, 2013) Los EM no reemplazan otras prácticas de control, sino que significan una herramienta complementaria para mejorar las apropiadas prácticas de manejo del terreno y los cultivos, entre ellas la rotación de cultivos, la aplicación de enmiendas orgánicas y la labranza de conservación, el reciclaje de restos de cosecha y el control biológico de plagas. Cuando se utilizan correctamente, los EM pueden potenciar significativamente los efectos benéficos de dichas prácticas. (Higa & Wididana, 1991)

Los microbios se emplean en la agricultura con múltiples finalidades: como parte fundamental de los acondicionadores orgánicos y el compost, como elemento inoculante para leguminosas en la incorporación biológica de nitrógeno, como herramienta para controlar insectos y padecimientos de las vegetaciones, para optimar la condición y el rendimiento de los cultivos, y para reducir las tareas agrícolas. Todos estos aspectos están apretadamente relacionados entre sí. Una consideración clave en la aplicación de microbios benéficos al suelo es potenciar sus efectos sinérgicos, lo cual es difícil de lograr si se aplican como terapia sintomática, al igual que ocurre con los fertilizantes y pesticidas químicos (Higa & Wididana, 1991)

2.2.3.5. Composición de los microorganismos eficaces (EM)

Los EM están constituidos por una sociedad de microorganismos benéficos, cuya composición porcentual es variable, pero generalmente se distribuye de la siguiente manera:

✓ **Bacterias ácido lácticas (≈ 30–40%)**

Principalmente de los géneros *Pediococcus* y *Lactobacillus*.

Son responsables de la fermentación de la MO y la inhibición de microorganismos patógenos mediante la producción de ácidos orgánicos.

✓ **Bacterias fotosintéticas (≈ 10–20%)**

Pertenecientes a los géneros *Rhodopseudomonas* y *Rhodobacter*.

Participan en la síntesis de compuestos bioactivos y en el reciclaje de sustancias orgánicas e inorgánicas.



✓ **Levaduras ($\approx$ 20–30%)**

Principalmente del género *Saccharomyces*.

Producen vitaminas, aminoácidos y enzimas que estimulan la diligencia microbiana y la desintegración de residuos orgánicos.

✓ **Actinomicetos y otros microorganismos benéficos ($\approx$ 5–10%)**

Contribuyen a las degradaciones de compuestos orgánicos complejos y a la producción de sustancias antimicrobianas naturales (Higa & Wididana, 1991)

Por otra parte, la incorporación de microbios favorecedores a la superficie puede contribuir a precisar la estructura y el establecimiento de los ecosistemas nativos. La variedad, composición, cantidad y actividad de la microflora del suelo están determinadas tanto por la diversidad de cultivos sembrados y los compuestos químicos de la biomasa, como por el uso de múltiples enmiendas orgánicas, lo que asegura una rica diversidad microbiológica. La aplicación periódica al suelo de una mezcla de residuos de cosecha, abonos verdes, estiércoles animales y desechos municipales incrementa la diversidad microbiana en mayor medida que el uso de un solo tipo de material, ya que cada enmienda orgánica aporta su propia microflora nativa única, la cual influye significativamente en la comunidad microbiana del suelo, al menos durante un período breve. (Higa & Wididana, 1991)

➤ **EM-Compost**

Para conseguir el máximo beneficio en el compostaje con microorganismos EM, se aconseja disponer de una superficie impermeable con una inclinación del 2% al 3% que permita el desagüe de los lixiviados derivados durante la fermentación; asimismo, debe diseñarse un pequeño canal que recoja esos



lixiviados y los conduzca a un recipiente opaco para su posterior acopio. La elección del material para impermeabilizar el piso depende del criterio del técnico, considerando las condiciones ambientales, edáficas, topográficas, económicas y demás particularidades de la unidad productiva; entre las opciones posibles se incluyen empedrado, concreto alisado, plástico u otro material, ya sea natural o sintetizado. Además, cerca del área destinada al compostaje con EM, debe cavarse una zanja de al menos 10 cm de hondura para drenar el agua de lluvia y evitar que la humedad ingrese al lecho, especialmente cuando se utilizan impermeabilizantes nativos. La forma del área puede ser variable y adaptarse a la disponibilidad de espacio. (Franco, 2007)

2.2.5. La calidad del compost

El término "condición" es difícil de definir, pues involucra numerosos factores y puede resultar bastante subjetivo. Siempre es recomendable valorar la condición del compost desde aquellas propiedades que resultan de emplear un procesamiento ambientalmente cortés, coherente con una gestión racional de los restos y dirigido a obtener un material para la superficie o como sustrato. (Soliva & Lopez, 2004)

En los niveles de condición, pueden o deben establecerse distintos requisitos según el mercado al que se dirija el producto, aunque siempre existirán unos estándares mínimos que desempeñar para cualquier uso. Es preciso definir una condición general del compost (aceptable para los beneficiarios potenciales) y también fijar indicadores característicos para diversos usos, sin que ello implique que los LM de poluciones puedan excederse como el destino. La condición del compost está fija por el conjunto de sus diferentes características y propiedades.



Los juicios notables para valorar la condición son los siguientes: destino del producto, amparo del medio ambiente y exigencias del mercado (Soliva & Lopez, 2004)

La calidad de un compost suele evaluarse mediante indicadores químicos, que ofrecen una medición exacta de cada sustancia, e indicadores biológicos, que permiten valorar la estabilidad global del compuesto. No obstante, desde un punto de vista experto, la razón del compost puede medirse según su potencial de uso en fines agrícolas, lo cual implica que su condición puede evaluarse en función de la elaboración agrícola y de la mejora de las propiedades de la superficie. (Soto & Geléndez, 2003)

Actualmente, la manera de valorar la condición del producto final es una de las áreas con mayor investigación. Hoy en día, los laboratorios de análisis de suelos y foliares han optado por proponer, como prueba para el compost, la digestión integral, la cual suministra información sobre los contenidos totales de nutrientes. Aun así, se admite que este análisis sobreestima la disponibilidad de nutrientes a corto plazo, debido a que las velocidades de liberación serán más reducidas. (Soto & Geléndez, 2003)

Entre otros análisis que se llevan a cabo se incluyen pruebas de germinación, vigilancia de padecimientos, determinación de metales sólidos y medición de la diligencia microbiana. Ramírez y su equipo de la UCR han creado una metodología que emplea la diligencia microbiana como indicador de la condición del compost (Salas & Ramírez, 1999)

Tabla 1

Parámetros de calidad para compost.

Parámetro	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación	Autoridad de Protección Ambiental (EPA)	Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana	NTCH
CE (us/cm)	-	-	2-4	3-8
Ph	6.5-8.6	-	7.0-8.3	5.0-8.5
Materia Orgánica	>20	-	-	≥20
Humedad (%)	30-40	-	-	30-40
Nitrógeno total (%)	0.3 – 1.5	-	0.8-1.5	≥0.5
P2O5 (%)	0.1 – 1.0	-	0.4-1.0	-
K2O (%)	0.3 – 1.0	--	0.6-1.5	-
CaO (%)	-	-	2-6	-
MgO (%)	-	-	0.2-0.7	-
C:N	10:1-15:1	-	-	≤25
Cu (ppm)	-	150	-	100
Zn (ppm)	-	300	-	200
Pb (ppm)	-	150	-	100
Cd (ppm)	-	1	-	2
Cr (ppm)	-	100	-	120

Nota: Calidad de compost según normas

Otro indicador de gran relevancia es el comprendido de los metales sólidos. Si se añade al suelo un compost con altas reuniones de los metales sólidos, estos se trasladan a las aguas acuíferas y a los cultivos de esa zona. Los metales sólidos consumidos por personas o animales incrementan significativamente el riesgo de ciertas enfermedades graves, siendo el cáncer una de las más destacadas

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Los residuos sólidos municipales

Incluyen los restos de origen doméstico (restos de comida, papel, ampollas, latas, pañales desechables, demás); los de origen comercial (papel, envases, residuos de higiene personal y similares); los de limpieza urbana (barrido de vías y

calles, maleza, etc.); así como aquellos generados por diligencias que produzcan desechos análogos a estos, los cuales deben ser depositados en repletos sanitario (OEFA, 2014)

2.3.2. Residuos orgánicos municipales

Los restos sólidos orgánicos son aquellos desechos biodegradables o que pueden descomponerse. Están conformados por restos de principio biológico (vegetales o animales) que se degradan de forma natural, generando gases (metano, dióxido de carbono, demás) y lixiviados en los sitios de disposiciones finales. Con un procesamiento apropiado, pueden ser aprovechados como estiércoles (compost, humus, etc.). (OEFA, 2016)

2.3.3. Compost

Como la Normativa Chilena, el compost es el producto resultante del proceso de compostaje. Se compone básicamente de materia orgánica estabilizada, cuyo origen no es identificable debido a que se degrada produciendo partículas más pequeñas y de color oscuro. (Calderón, 2004)

2.3.4. Calidad del compost

La condición del compost no es una concepción absoluta, sino que pende de los fines a los que se consigne. En este contexto, se define como "la cabida o idoneidad del compost para cubrir las demandas de las plantas, con el menor impacto ambiental posible y sin amenaza para la salud colectiva " (Ansorena, Batalla, Merino, & Moreno, 2011)

2.3.5. pH

Es la característica que define el grado de alcalinidad o acidez y tiene una gran influencia sobre múltiples propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo



o de los sustratos orgánicos. Debido a ello, se valora como una de sus cualidades más significativas. (Jaramillo, 2002)

2.3.6. Descomposición

Es la degradación química de compuesto (sea mineral u orgánico) en sustancias más simples, lograda generalmente mediante la acción de microbios. (SSSA, 2008)

2.3.7. Conductividad eléctrica

Es la cabida de una sustancia para transmitir o conducir corriente eléctrica. En agua o superficies, se mide en siemens por metro (o comúnmente en dS/m) y está asociada con los solutos disueltos (SSSA, 2008)

2.3.8. Macronutriente

Es un mecanismo químico necesario en grandes cuantías (generalmente 50 mg/kg en la planta) para el desarrollo vegetal. Comprende C, O, H, P, N, Ca, K, Mg y S. El término "macro" alude a la cantidad, no a la importancia esencial del elemento. (SSSA, 2008)

2.3.9. Microflora

La fracción de la comunidad vegetal conformada por organismos demasiado pequeños para ser identificados a simple vista, requiriéndose la usanza de un microscopio. Contiene algas, actinomicetos, hongos y bacterias (SSSA, 2008)

2.3.10. Micronutrientes

Un mecanismo químico requerido únicamente en cuantías muy reducidas (SSSA, 2008)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de la investigación

Este estudio fue de carácter aplicado, pues pretendió dar solución a un problema específico vinculado con el uso de los restos orgánicos a través del proceso de compostaje.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de este estudio es explicativo

3.2.1. *Enfoque de la investigación*

El análisis emplea un enfoque cuantitativo, basado en la compilación y estudios de datos numéricos referentes a la condición del compost (humedad, pH, conductividad eléctrica)

3.3. Diseño de la investigación

En el diseño de nuestro estudio experimental, se lleva a cabo la manipulación de las variables.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

En este análisis se compilarán los siguientes datos

3.4.1. Técnicas

Análisis de laboratorio: El método esencial para medir los parámetros se basa en el estudio internacional, que define los procedimientos de evaluación relativos a la preparación de la muestra, así como al análisis de cada propiedad química, física y biológica del compost y de materias primas esgrimidas en el compostaje.

Muestreo: El muestreo se efectuó a diario siguiendo normativas específicas para garantizar la representatividad de las muestras y conseguir datos válidos.

3.4.2. Instrumentos

- Ficha de monitoreo
- Normativa de la FAO para la calidad del compost
- Normas de la EPA- Australia para calidad de compost
- Norma para la calidad de compost del IIAP- Iquitos
- Norma Técnica Chilena para la calidad de compost

3.5. Materiales y equipos

Es preciso emplear instrumentos de medición, pues estos permiten controlar el peso de los restos orgánicos compilados y los parámetros a lo largo del proceso de compostaje; así se podrá evaluar la condición del compost.



3.5.1. Materiales

- Libreta de campo
- Herramientas manuales (Pico, lampa, buguis)
- Mochila de fumigar
- Wincha
- Cordel
- Yeso
- Rótulos para las muestras
- Tamiz de 16 m
- Plástico de 1.50 * 5 m
- Cordel
- Estacas
- Alambre
- Tubos de PVC de 4"

3.5.2. Equipos

- GPS
- Balanza electrónica
- Computadora
- Memoria usb
- impresora.
- Phmetro
- Termómetro

3.5.3. Reactivos e insumos

- Agua destilada
- EM

3.6. Lugar de estudio

El sitio de análisis para el actual análisis se ejecutó en el distrito de Putina.

3.6.1. Ubicación de puntos de muestreo

Coordenadas UTM: 407852.00 E 8349533.00 N

Figura 1

Ubicación de punto de monitoreo



Nota: Google earth

En la figura, se puede ver cada punto de muestreo que se eligió por conveniencia

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

La urbe propósito de análisis está formada por la cuantía total de compost presente en las distintas pilas.

3.7.2. Muestra

El muestreo por conveniencia, es 2 kilogramo de compost de cada pila preparada

3.8. Procedimiento metodológico

Objetivo 1. Implementar la instalación de pilas para la reproducción de compostaje comenzando en restos orgánicos creados en Putina

Figura 2

Características de cada unidad experimental (pilas)

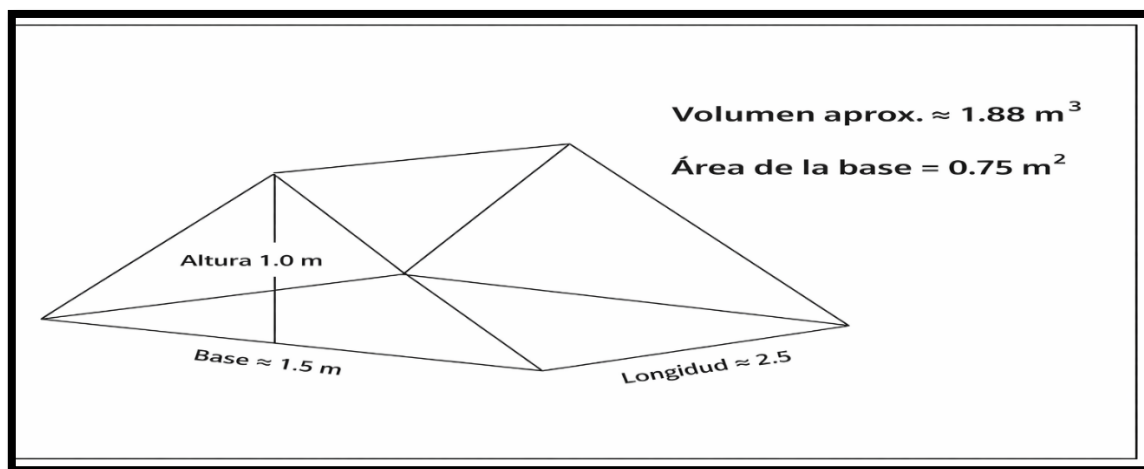


Tabla 2

Dimensiones de pilas de compostaje

ÁREA BASE	0.75 m ²
LARGO	2.5 m
ANCHO	1.5 m
VOLUMEN APROXIMADO	1.88 m ³

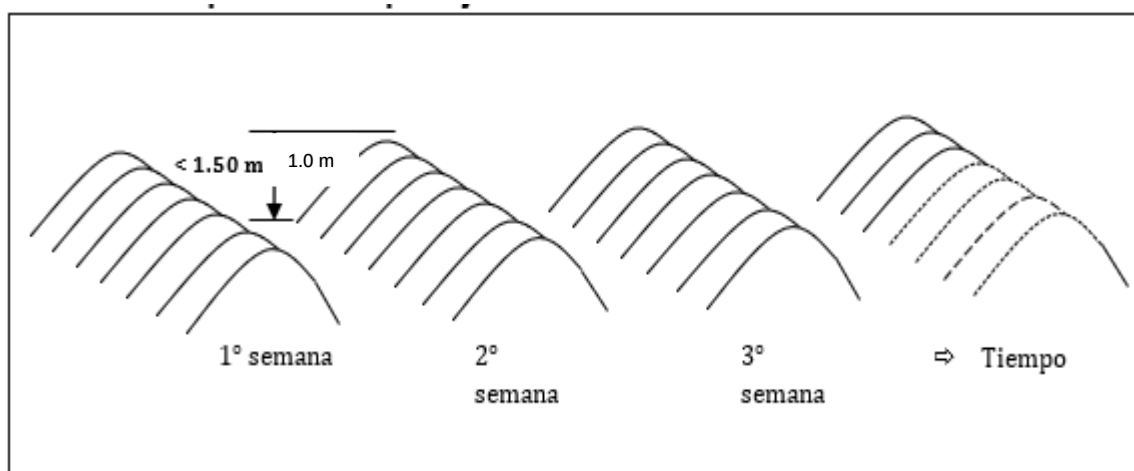
Tabla 3

Tratamiento experimental

Tratamiento	
T0	Tratamiento sin dosis
T1	Tratamiento con 750 ml EM
T2	Tratamiento con 1500 ml EM
T3	Tratamiento con 2500 ml EM

Figura 3

Armado de pilas de compostaje



- Se fabricó una parrilla con varillas delgadas para favorecer la ventilación.
- Se incorporó una capa de 25 kg de los restos de poda o de áreas verdes en cada una de las 12 pilas de compost, los cuales fueron anticipadamente molidos en trozos pequeños de 3 a 6 cm.
- Subsiguientemente, se incorporaron 350 kg de desechos de mercado (lechuga, cebolla, cáscara de naranja, tomate, cáscaras de fruta, etc.) en cada una de las 12 pilas de compost.
- Asimismo, se agregaron 5 kg de excremento bovino triturado, distribuyéndolo uniformemente en cada una de las 12 pilas.

- Extendiendo con el procedimiento, se pesaron 10 kg de excremento ovino y se añadieron a cada una de las 12 composteras.
- Luego, se humedecieron las pilas de compost utilizando regaderas y se cubrieron con un dúctil de doble cara (azul y negro) para proteger el compost de los cambios de temple ambiental, evitando que el calor disminuyera demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y mayor tiempo de retención, más rápida es la descomposición y mayor el grado de higienización.

El compost requiere conservar una ventilación apropiada para facilitar la inspiración de los microbios, liberando al mismo tiempo CO₂ a la atmósfera

Figura 4

Pilas composteras



Objetivo 2. Establecer la influencia de las diferentes reuniones y frecuencias de inoculación de microorganismos eficaces (EM) sobre los parámetros cinéticos del proceso de compostaje. Tales como temperatura, pH, humedad, conductividad eléctrica, en comparación con un tratamiento convencional sin EM



Para determinar los indicadores físicos, se extrajeron muestreos de cuatro lugares de la misma pila: parte superior, fondo, centro y lateral. Este mismo método se utilizó para medir el temple, el relente, el pH y la conductividad eléctrica.

a) Regulación de la Temperatura

El temple se registró desde el primer día de conformación de las pilas, alrededor de las 10:00 a.m. Para medirla, se empleó Un termómetro de Hg con escala de 100°C, colocándolo en cada una de las fuentes de compostaje asignadas a cada tratamiento..

Los datos se anotaron los lunes, los miércoles y los viernes de cada semana a lo largo de un período de 2 meses.

b) Medición de pH y conductividad eléctrica

Se midió el pH y las conductividades eléctricas de cada uno de los procesamientos empleando agua destilada, un vaso de precipitados y un potenciómetro.

La información se recolectó los lunes, los miércoles y los viernes a las 10:00 a.m.

c) Medición de la Humedad

Para determinar el contenido de relente se empleó el método conocido como "prueba del puño".

Este método reside en tomar un puñado de compost y apretarlo con la fuerza normal del brazo; si se desprenden de 8 a 10 gotas, el relente es aproximadamente del 80%.

Si al dividir la mano no gotea y el material mantiene su forma moldeada, la humedad se encuentra entre el 20% y el 30%. Si el compost se desmorona, en aquel momento está seco, con un relente inferior al 20%.

Objetivo 3. Valorar la condición del compost derivado por medio de la aplicación de microbios eficaces con los estándares de condición determinados en la normativa, en términos de madurez, contenido nutricional (N, P, K), ausencia de metales sólidos.

Para verificar si el compost había alcanzado la madurez, se tomó un manojo con las manos y se constató que presentaba fetidez a tierra de bosque, tono negruzco y que no se distinguían los restos orgánicos depositados en las pilas. Luego de dos meses, el compost hecho estaba sensato y a temple ambiente, dispuesto para su respectivo muestreo.

➤ Toma de muestras

Al finalizar los procesos de compostaje, se recolectan los muestreos de compost de cada procesamiento para tamizarlas y luego enviarlas al recinto con el fin de analizar los indicadores correspondientes.

Se tomaron 2 kg de compost maduro por cada procesamiento, los cuales fueron tamizados y llevados al laboratorio.

Para la obtención de las muestras se siguió el siguiente procedimiento:

- Se homogeneizó la muestra.
- Los muestreos se colocaron en bolsas herméticas y se identificaron según los tratamientos.

- Se envasaron en bolsas que tengan cierre hermético para su etiquetado y conservación en un sitio flamante a temple ambiente.

➤ **Proceso de Tamizado Posteriormente**

Los muestreos de compost se cribaron en el recinto, recogiendo 1 kg de muestra por cada procesamiento.

➤ **Etapas de laboratorio**

Los muestreos correctamente rotulados fueron trasladados al recinto para analizar los siguientes parámetros: N, Ca, P, Zn, K, Mn, S, Mg, Cu, Fe, B, MO, pH y conductividades eléctricas; de este modo, se establecerá la condición del compost conseguido a lo largo de la ejecución.

Tabla 4

Parámetros a analizar

Parámetro	Unidad
Humedad	%
Conductividad eléctrica	dS.m-1
Ph	Unidad
Materia orgánica	%
Relación C/N	-
Macronutrientes	
Nitrógeno total	%
P2O5	Meq/100g
K2O	Meq/100g
CaO	mg/kg
MgO	mg/kg
Micronutrientes:	
Cobre	mg/kg
Zinc	mg/kg
Metales pesados	
Pb total	mg/kg
Cd total	mg/kg
Cr tota	mg/kg

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados Y Análisis

4.1.1. Resultados de tratamiento de compost con microorganismos eficaces

Se llevaron a cabo los muestreos del compost detallado comenzando en los restos orgánicos del distrito de Putina con microbios eficaces, y se realizó la comparación con la norma de la FAO, la Normativa Técnica Chilena 2880, la (EPA de Australia y los indicadores del IIAP de Iquitos.

4.1.1.1. Parámetro de humedad

Tabla 5

Resultados del parámetro de humedad del compost con los tratamientos de con EM.

Tratamiento	Descripción	Contenido de humedad
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	26.16
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	32.62
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	36.45
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	41.50

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Donde:

RM: Residuos de mercado

RC: Residuos de comida

EO: Estiércol de ovino

EM: Microorganismos eficaces

EV: Estiércol de vacuno

Tabla 6

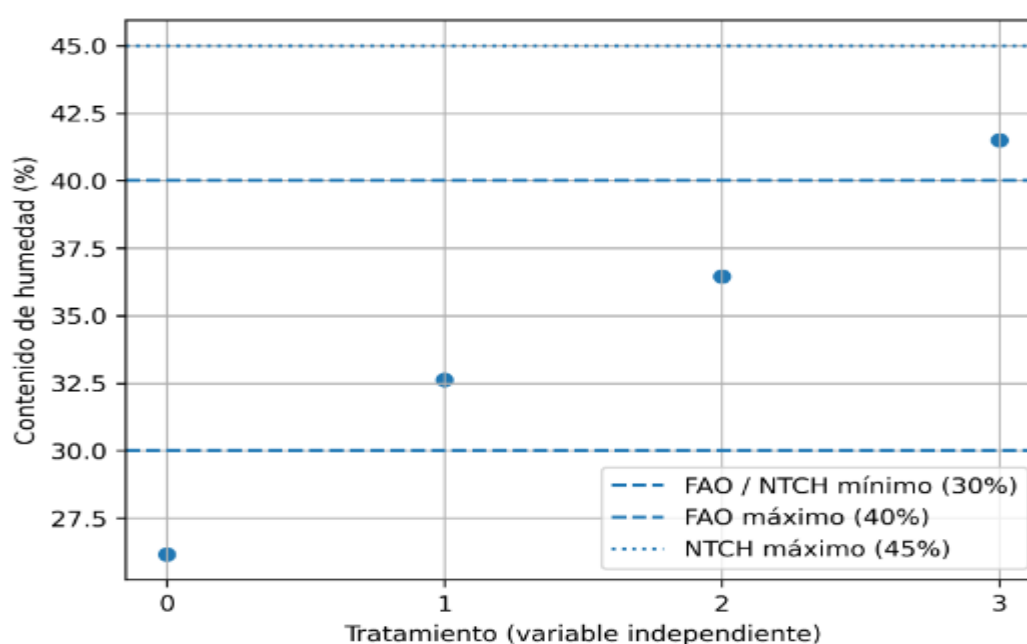
Parámetro de calidad de compost para la humedad

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
Humedad (%)	30-40%	-	-	30-45%

El relente en los procesamientos de compost con EM aumenta con la dosis aplicada, desde 26.16% sin EM hasta 41.53% con 2500 ml; todos los procesamientos con EM cumplen el rango de condición de la FAO, lo que se debe a que una mayor dosis favorece la descomposición de restos orgánicos y la retención de agua por el incremento de cargas eléctricas negativas en el compost.

Figura 5

Contenido de la humedad de compost vs. Rangos



4.1.1.2. Parámetro de Conductividad eléctrica

Tabla 7

Resultados del parámetro de conductividad eléctrica del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	CE (us/cm)
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	2.98
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	3.56
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	3.99
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	3.34

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 8

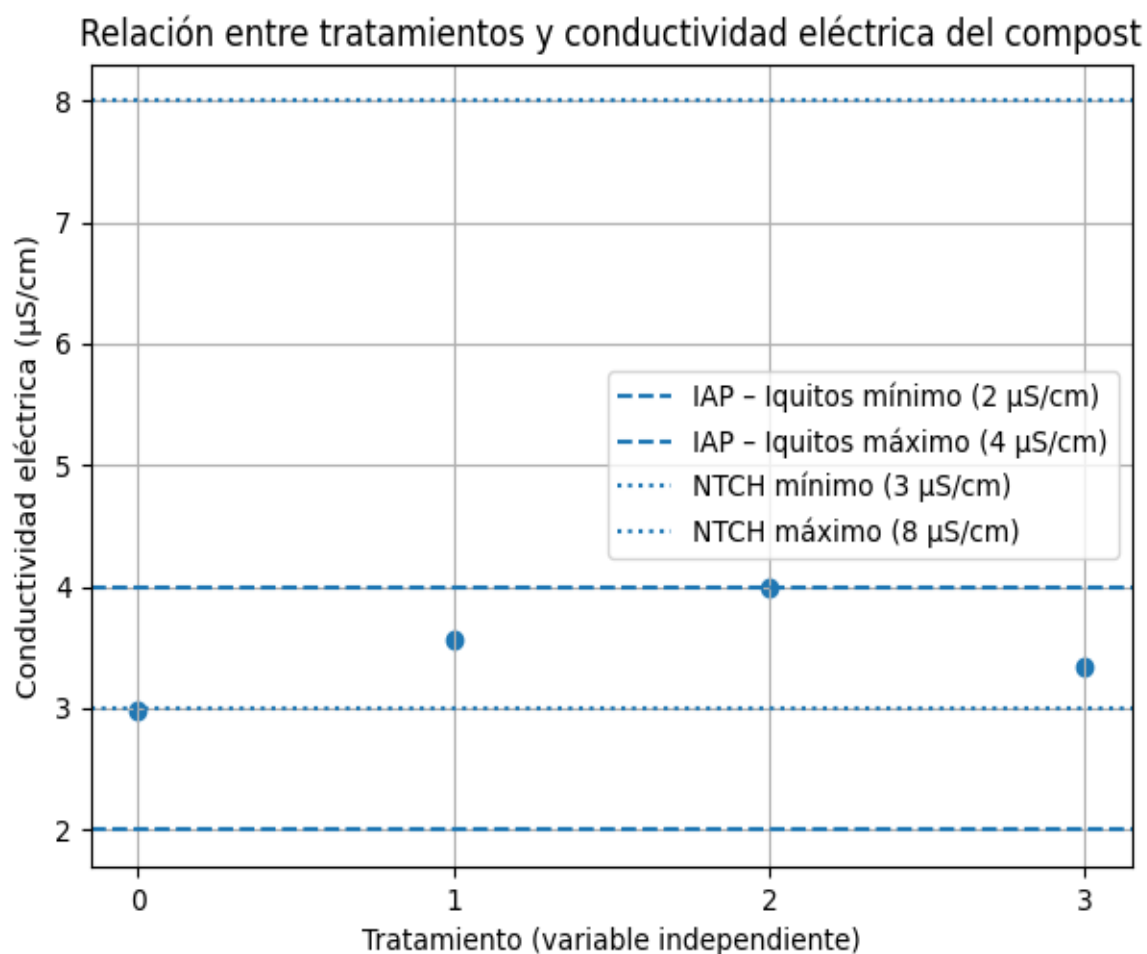
Parámetro de calidad de compost para la conductividad eléctrica

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
Conductividad eléctrica	-	-	2-4	3-8

La Ce de los compost elaborados con microbios eficaces se ajusta a los límites determinados por el IIAP (Iquitos) y la NTC; el valor promedio, incluido el control, es de $3.34 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, registrándose la CE más baja en el procesamiento con 2500 ml de EM, lo cual ocurre porque se reduce la acumulación de sales a lo largo de los procesos de compostaje.

Figura 6

Contenido de la conductividad eléctrica de compost vs. Rangos



4.1.1.3. Parámetro de pH

Tabla 9

Resultados del parámetro de pH del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	pH
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	6.0
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	6.4
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	6.7
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	6.9

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 10

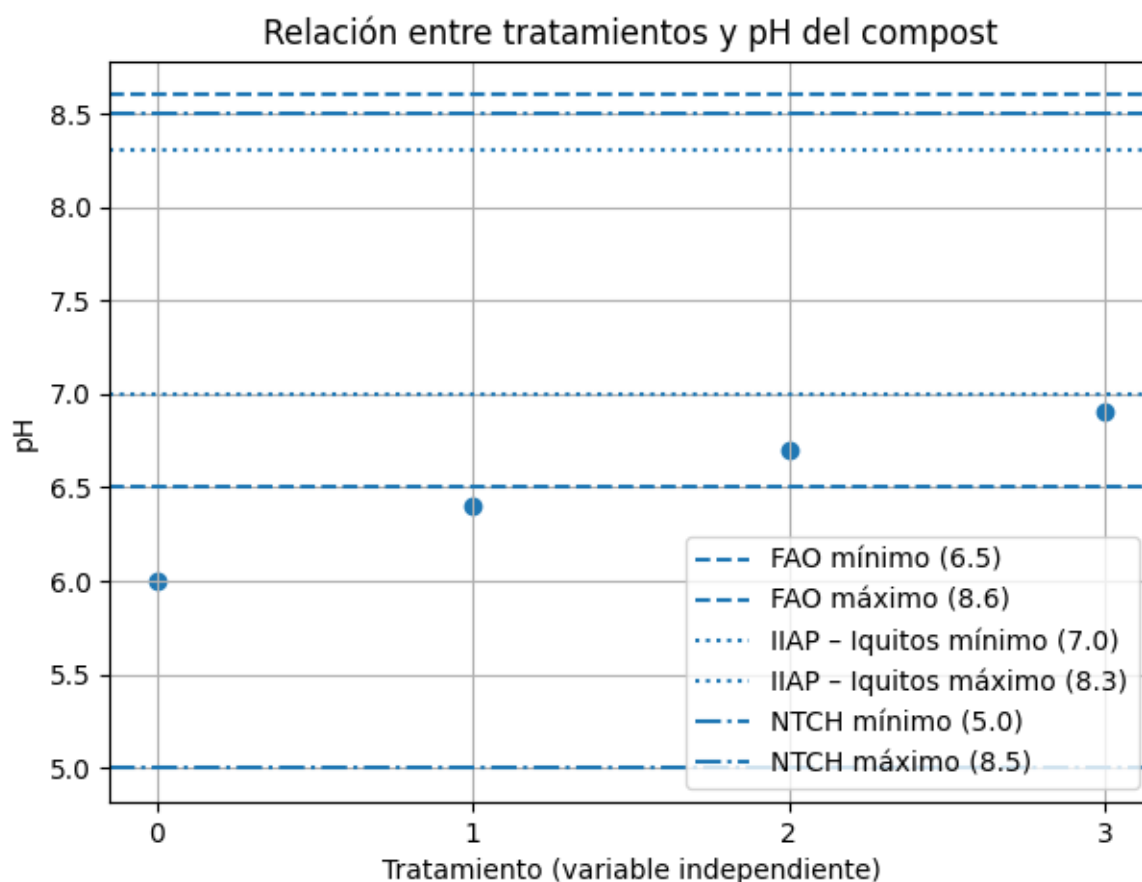
Parámetro de calidad de compost para el pH

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
pH	6.5-8.6	-	7.0-8.3	5.0-8.5

Los valores de pH del compost elaborado con microbios eficientes en el distrito de Putina oscilaron entre 6.0 (tratamiento sin EM) y 6.9 (procesamiento con 2500 ml de EM); este último valor se halla adentro de rangos de condición exigidos por la FAO, el IIAP de Iquitos y el Estándar Técnico Chileno.

Figura 7

Contenido de la pH de compost vs. Rangos



4.1.1.4. Parámetro de MO

Tabla 11

Resultados del parámetro de MO del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	MO
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	40.0
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	45.0
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	53.0
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	60.0

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 12

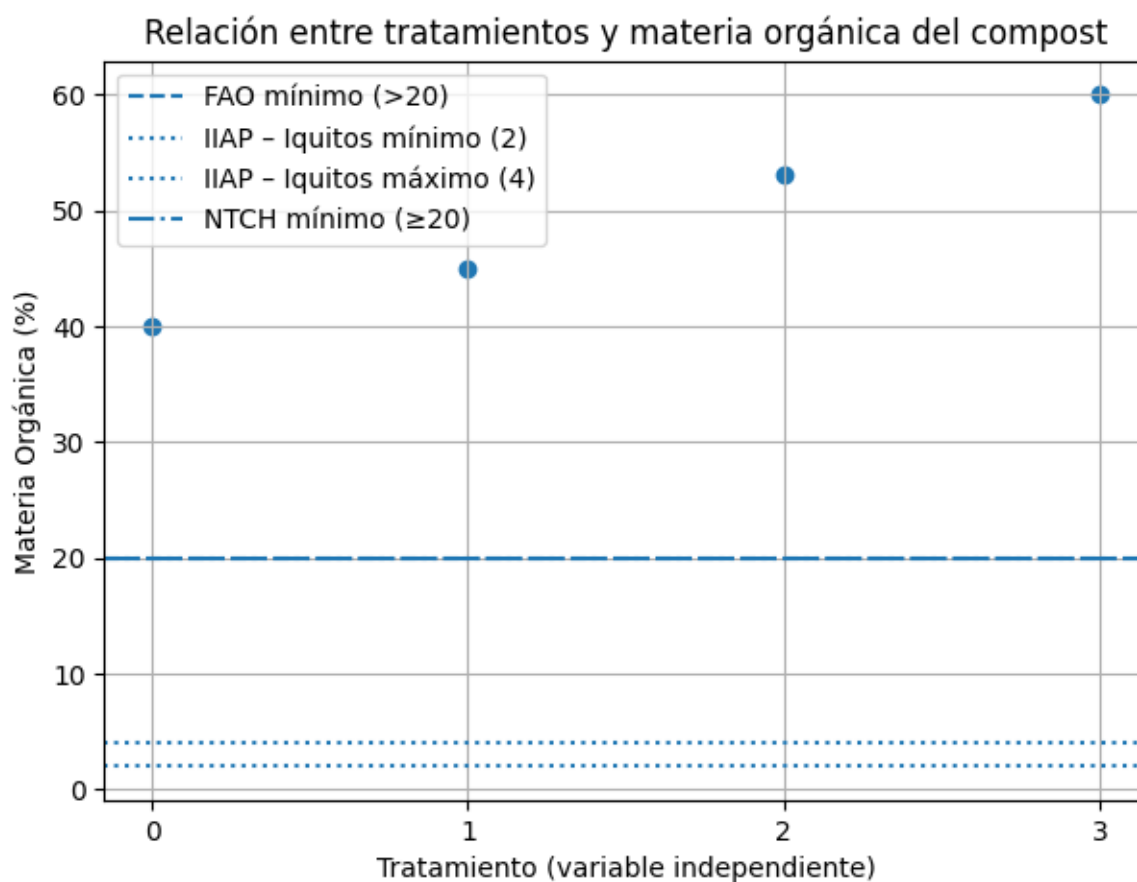
Parámetro de calidad de compost para la MO

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
Materia orgánica	>20	-	2-4	≥20

Los niveles de MO en los compost tratados con microbios eficaces excedieron los umbrales de condición de la FAO y la NTC, con valores que fueron desde 40.0% (T0, sin EM) hasta 60.0% (T3, 2500 ml de EM), muy por encima de los estándares; esto se atribuyó al contenido de CO de cada procesamiento, incluido el testigo, el cual refleja la composición de los costos vegetales y animales empleados.

Figura 8

Contenido de materia orgánica en compost vs. Rangos



4.1.1.5. Parámetro de Nitrógeno

Tabla 13

Resultados del parámetro de Nitrógeno total (Nt) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	Nt (%)
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	1.0
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	1.5
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	1.7
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	1.9

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 14

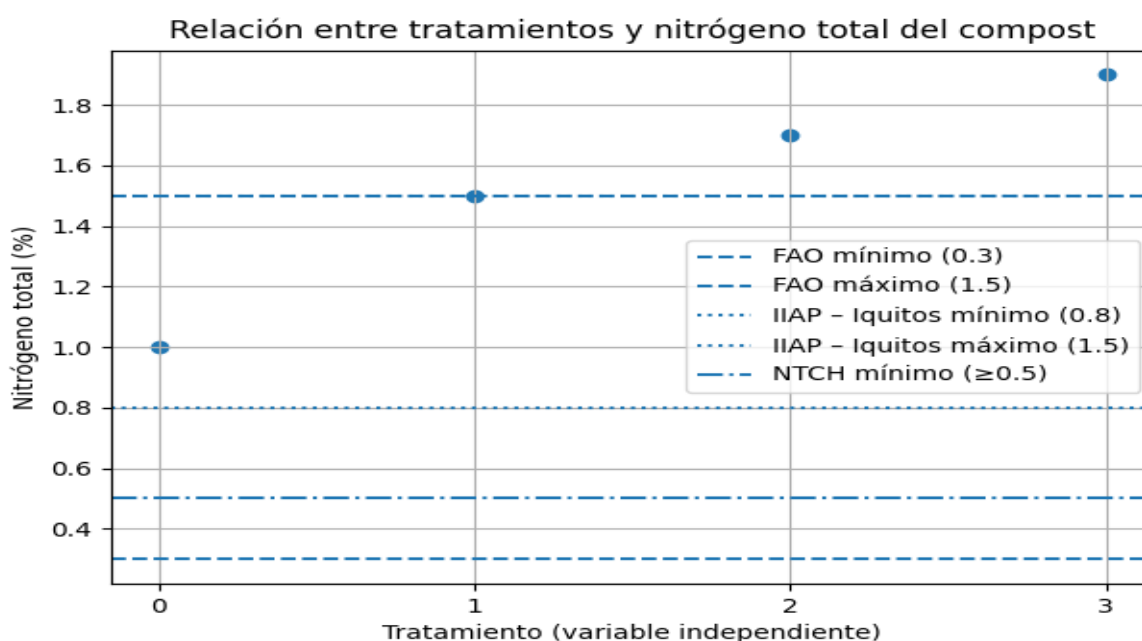
Parámetro de calidad de compost para la Nitrógeno total

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
Nitrógeno total (%)	0.3 - 1.5	-	0.8 – 1.5	≥0.5

El nitrógeno total del compost producido en Putina oscila entre 1.0% y 1.9%, valores que se ajustan a la categoría de compost de buena condición según la FAO (0.3%-1.5%) y también cumplen la normativa chilena 2880 clase A y B ($\geq 0.5\%$). Los tratamientos T0 y T1 están dentro del rango FAO, mientras que T2 y T3 superan el límite superior de la FAO y del IIAP, lo que indica mayor enriquecimiento con nitrógeno a dosis altas de EM; además, todos los procesamientos cumplen la norma chilena ($\geq 0.5\%$). Por tanto, este compost perfeccionamiento las propiedades de la superficie, equilibra los nutrientes y favorece el desarrollo de los cultivos.

Figura 9

Contenido de nitrógeno total de compost vs. Rangos



4.1.1.6. Parámetro de Fósforo

Tabla 15

Resultados del parámetro de Fosforo (P_2O_5) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	(P_2O_5) meq/100g
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	0.4
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	0.43
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	0.51
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	0.55

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 16

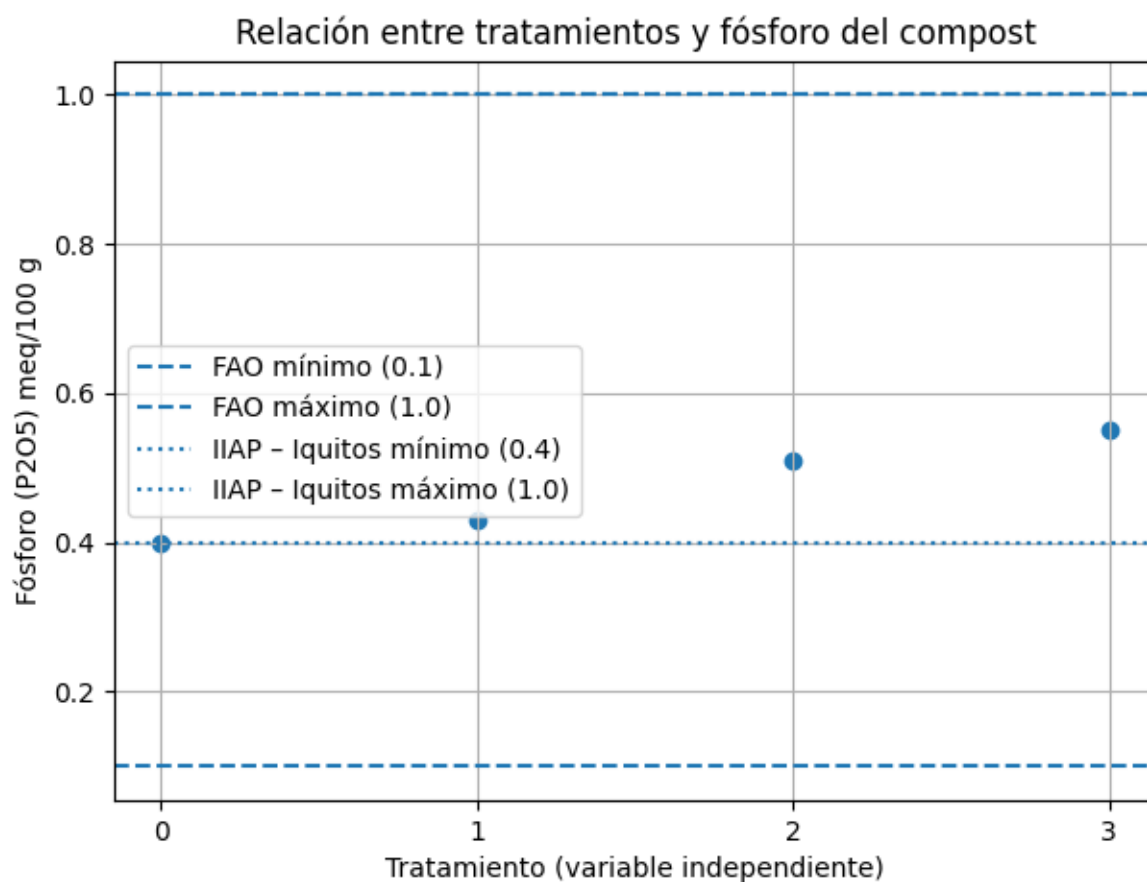
Parámetro de calidad de compost para Fosforo (P_2O_5)

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
Fosforo (P_2O_5) meq/100g	0.1-1.0	-	0.4.- 1.0	-

Los valores de fósforo en el compost producido en Putina con distintas cuantías de EM van desde 0.4 meq/100g (T0, sin EM) hasta 0.55 meq/100g (T3, 2500 ml de EM); todos los procesamientos se hallan adentro de los rangos determinados por la FAO y el IIAP de Iquitos. Así también se observa un incremento progresivo de P_2O_5 con el aumento de la dosis de EM, destacando T3 EM (2500 ml), como el mayor valor.

Figura 10

Contenido de fosforo de compost vs. Rangos



4.1.1.7. Parámetro de Potasio

Tabla 17

Resultados del parámetro de potasio (K₂O) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	Potasio K ₂ O meq/100g
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	0.41
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	0.43
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	0.52
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	0.50

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 18

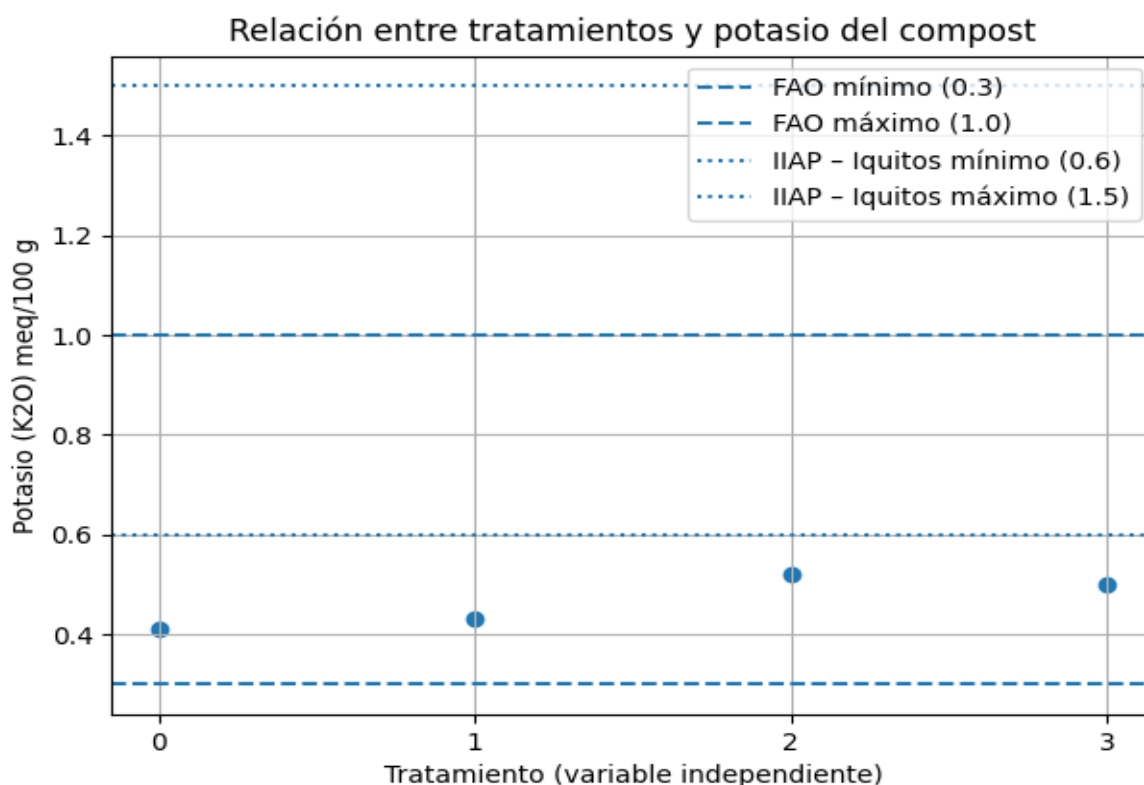
Parámetro de calidad de compost para potasio (K₂O)

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
potasio (K ₂ O) meq/100g	0.3-1.0	-	0.6-1.5	-

El compost producido en el distrito de Putina muestra contenidos de potasio (K₂O) entre 0.41 meq/100g y 0.52 meq/100g, valores que se hallan adentro del rango de condición establecido por la FAO (0.3 - 1.0), y que ningún procesamiento alcanza el mínimo IIAP–Iquitos (0.6 meq/100 g). en la que se observa que el mayor valor se observa en T2 (0.52 meq/100 g).

Figura 11

Contenido de potasio de compost vs. Rangos



4.1.1.8. Parámetro de Calcio

Tabla 19

Resultados del parámetro de calcio (CaO) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	calcio (CaO) mg/kg
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	2.6
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	3.5
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	3.9
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	4.4

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 20

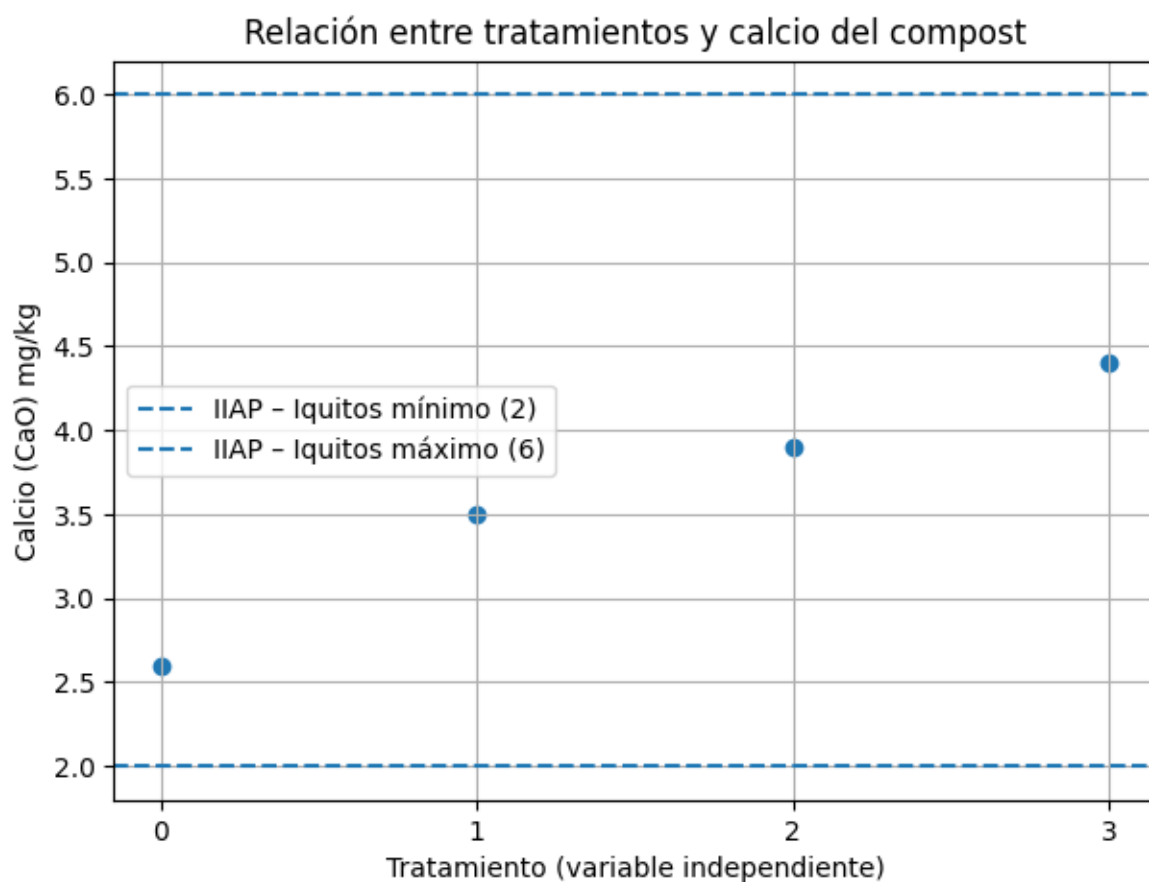
Parámetro de calidad de compost para potasio calcio (CaO)mg/kg

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
Calcio (CaO)	-	-	2-6	-

El Ca total del compost hecho en Putina muestra valores de 2.6 – 4.4 mg/kg dentro de los rangos de IIAP - Iquitos, incluyendo al testigo. Se observa un incremento progresivo del contenido de CaO con el aumento de la dosis de EM. Siendo el mayor valor corresponde a T3 (4.4 mg/kg).

Figura 12

Contenido de Calcio en compost vs. Rangos



4.1.1.9. Parámetro de Magnesio

Tabla 21

Resultados del parámetro de magnesio (MgO) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	magnesio (MgO) mg/kg
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	0.90
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	0.91
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	0.69
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	0.56

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 22

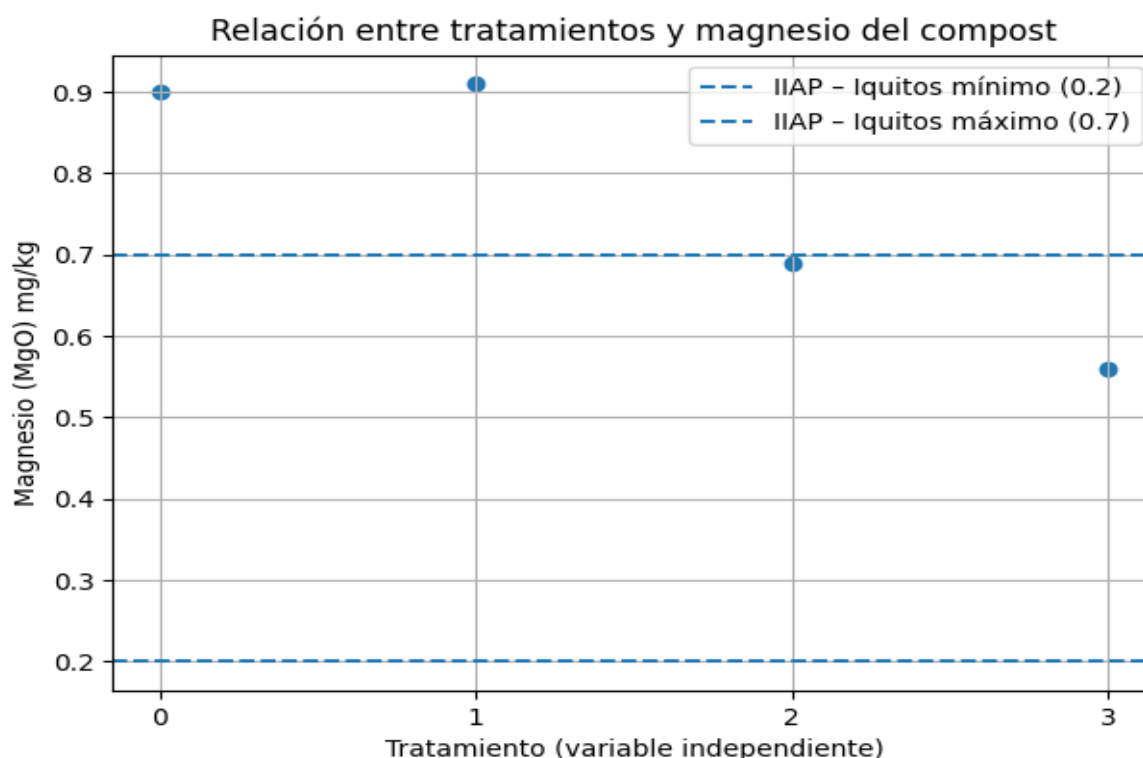
Parámetro de calidad de compost para magnesio (MgO)

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
magnesio (MgO) mg/kg	-	-	0.2-0.7	-

El compost producido en Putina muestra valores de magnesio total entre 0.56% y 0.91%, los cuales superan el rango determinado por el IIAP-Iquitos (0.2-0.7%) para un compost comerciable de buena calidad. Se observa que los procesamientos T0 y T1 superan el límite máximo IIAP–Iquitos (0.7 mg/kg), así también T2 se encuentra dentro del rango permitido, el tratamiento T3 presenta el menor contenido de MgO, también dentro del rango y por último se puede ver una disminución del MgO acorde aumenta la cuantía de EM.

Figura 13

Contenido de Magnesio en compost vs. Rangos



4.1.1.10. Parámetro de Cobre

Tabla 23

Resultados del parámetro de cobre (Cu) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	cobre (Cu) mg/kg
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	11
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	22
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	30
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	23

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 24

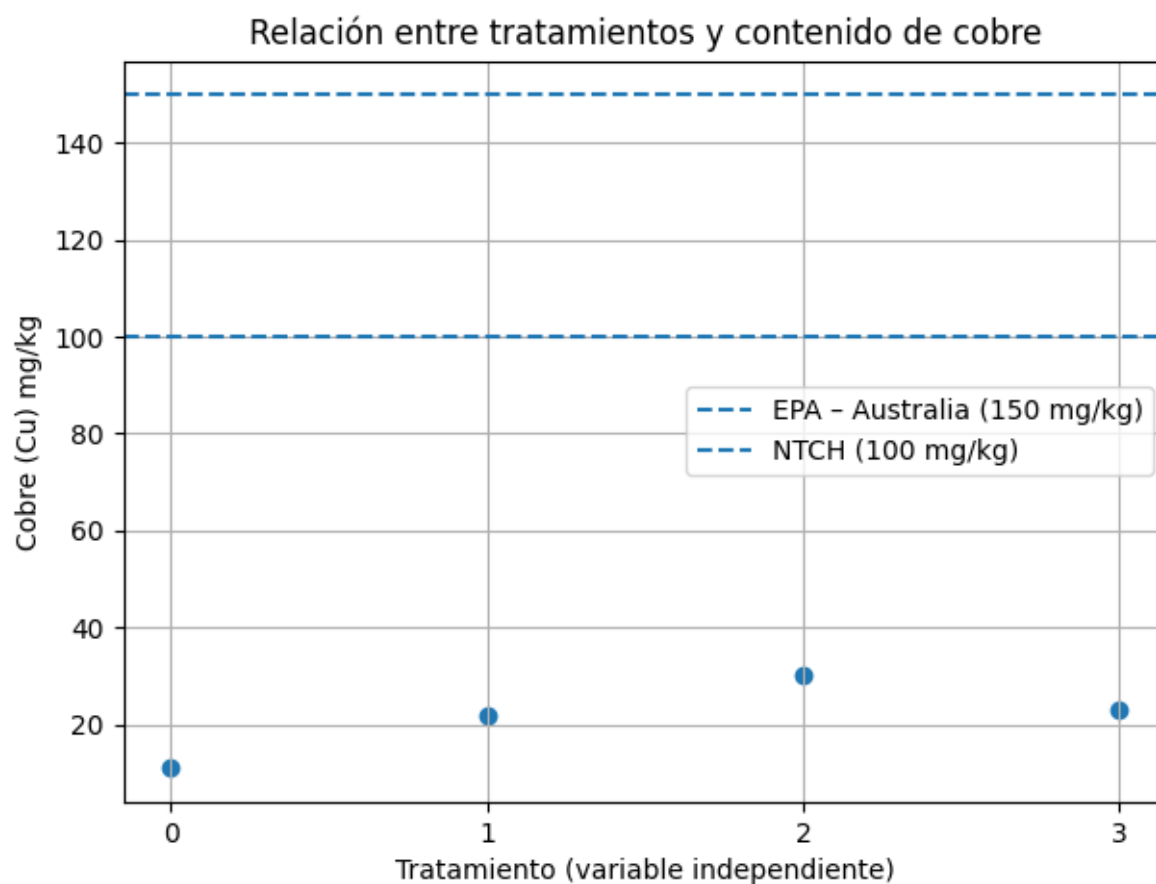
Parámetro de calidad de compost para cobre (Cu)

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
cobre (Cu)	-	150	-	100

Los valores de cobre en el compost inoculado con EM oscilan entre 22 mg/kg y 30 mg/kg, superiores a los 11 mg/kg del testigo sin EM; dichos valores se hallan adentro del límite determinado por el estándar Chileno 2880 para calidad A (100 mg/kg) y también dentro del rango permitido por la EPA-Australia (150 mg/kg) para compost negociable de buena condición. El mayor comprendido de Cu se observa en T2 (30 mg/kg), sin representar riesgo ambiental y los valores indican que el compost es apto para uso agrícola respecto al contenido de cobre.

Figura 14

Contenido de cobre en compost vs. Rangos



4.1.1.11. Parámetro de Zinc

Tabla 25

Resultados del parámetro de zinc (Zn) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	zinc (Zn) mg/kg
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	162
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	252
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	260
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	310

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 26

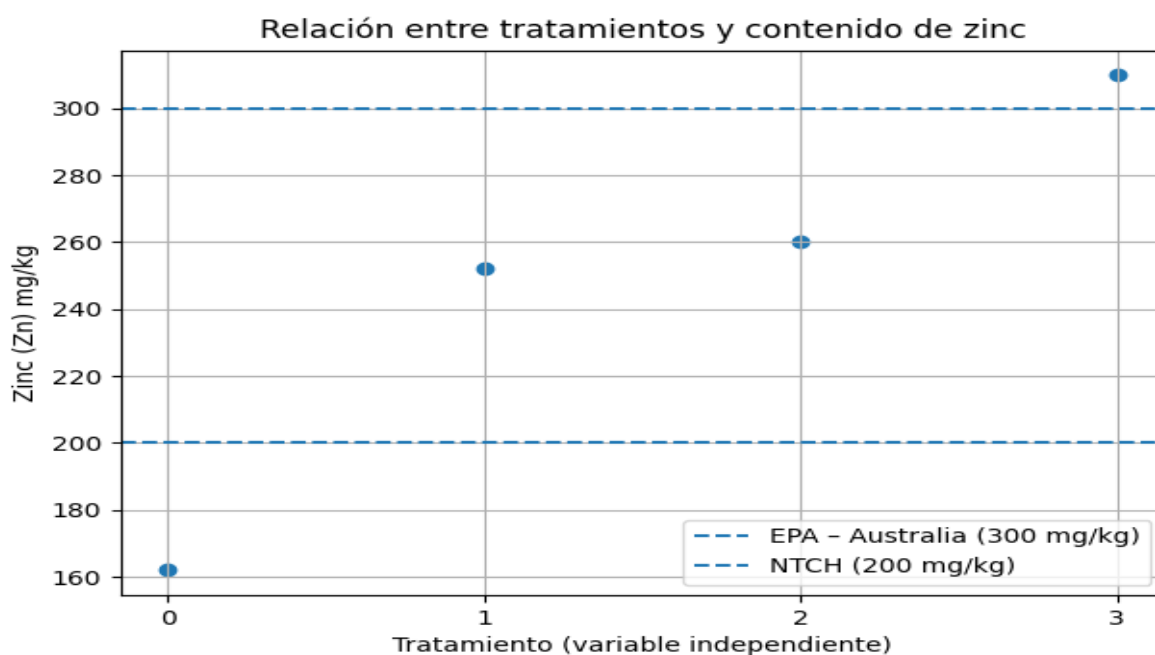
Parámetro de calidad de compost para cobre (Cu)

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
Zn mg/kg	-	300	-	200

Las cuantías de 750, 1500 y 2500 ml de EM aumentaron el nivel de zinc en el compost, sobrepasando los límites de condición determinados por la Normativa Técnica Chilena y la EPA de Australia, como consecuencia de la diligencia de los EM en la descomposición de la MO. T0 cumple ambos límites (EPA y NTCH). Los tratamientos T1 y T2 superan el límite NTCH (200 mg/kg), pero cumplen EPA–Australia. El tratamiento T3 supera ambos límites, especialmente el de EPA–Australia (300 mg/kg). y por último se observa un incremento del Zn con el aumento de la dosis de EM, lo que debe considerarse en la aplicación agrícola.

Figura 15

Contenido de Zinc en compost vs. Rangos



4.1.1.12. Parámetro Relación carbono-nitrógeno (C: N)**Tabla 27**

Resultados de la relación C: N del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	zinc (Zn) ppm
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	15.83
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	17.19
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	17.64
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	16.75

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 28

Parámetro de calidad de compost la relación C: N

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
C:N	10:1-15:1	300	-	≤25

La relación C:N del compost producido en Putina muestra valores entre 15.83 y 17.19, cifras que superan el rango recomendado por la FAO (10:1 a 15:1), pero se mantienen adentro del límite determinado por la Normativa Técnica Chilena 2880 para condición A (≤ 25).

4.1.1.13. Parámetro Plomo

Tabla 29

Resultados de plomo (Pb) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	plomo (Pb) mg/kg
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	45.25
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	49.34
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	46.35
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	33.26

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 30

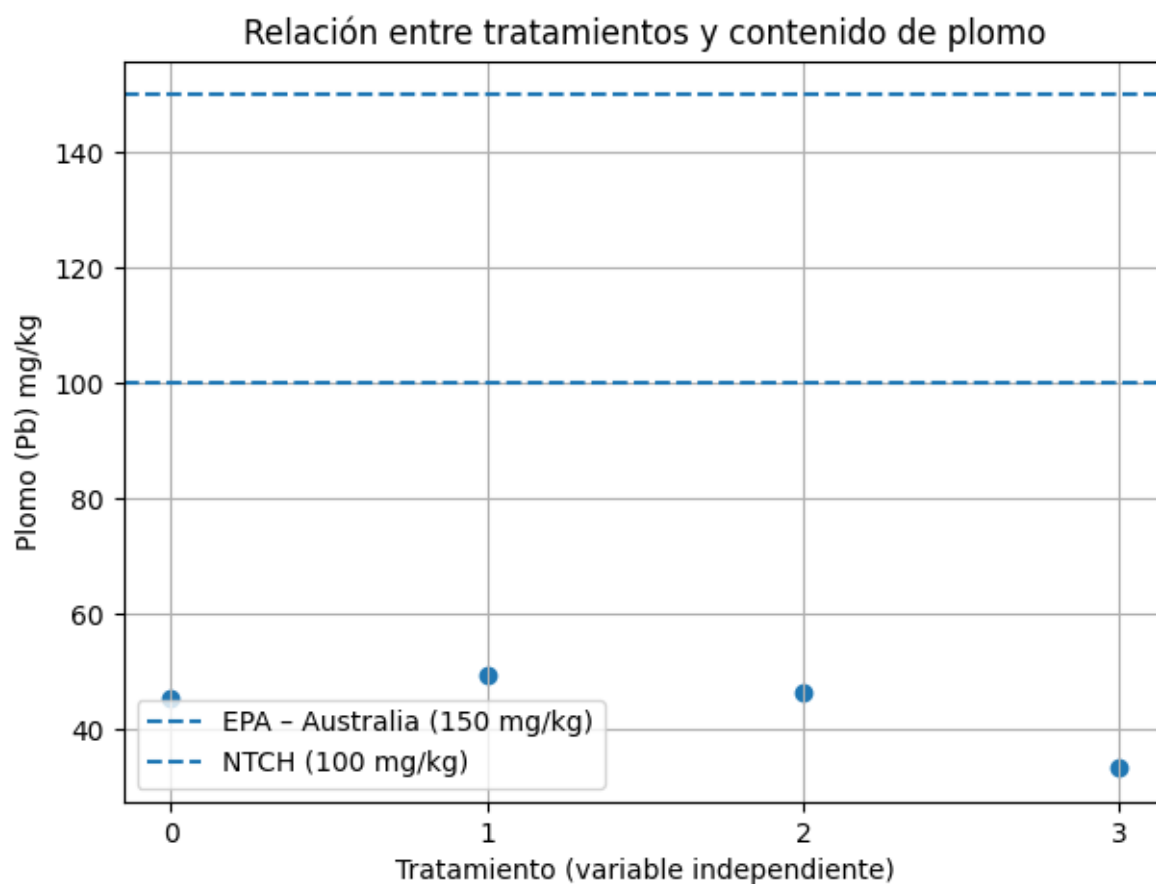
Parámetro de calidad de compost la relación plomo (Pb)

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
plomo (Pb)	-	150	-	100

Los niveles de plomo en el compost producido en Putina varían entre 33.26 mg/kg y 49.34 mg/kg, valores que no exceden los límites establecidos por la norma chilena (100 mg/kg) ni por la EPA de Australia (150 mg/kg); cabe señalar que el plomo es un metal sólido tóxico para los seres vivos cuando sobrepasa las normativas de condición.

Figura 16

Contenido de Plomo en compost vs. Rangos



4.1.1.14. Parámetro Cadmio

Tabla 31

Resultados de cadmio (Cd) del compost con los tratamientos de EM.

Tratamiento	Descripción	cadmio (Cd) mg/kg
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	<0.01
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	<0.01
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	<0.01
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	<0.01

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 32

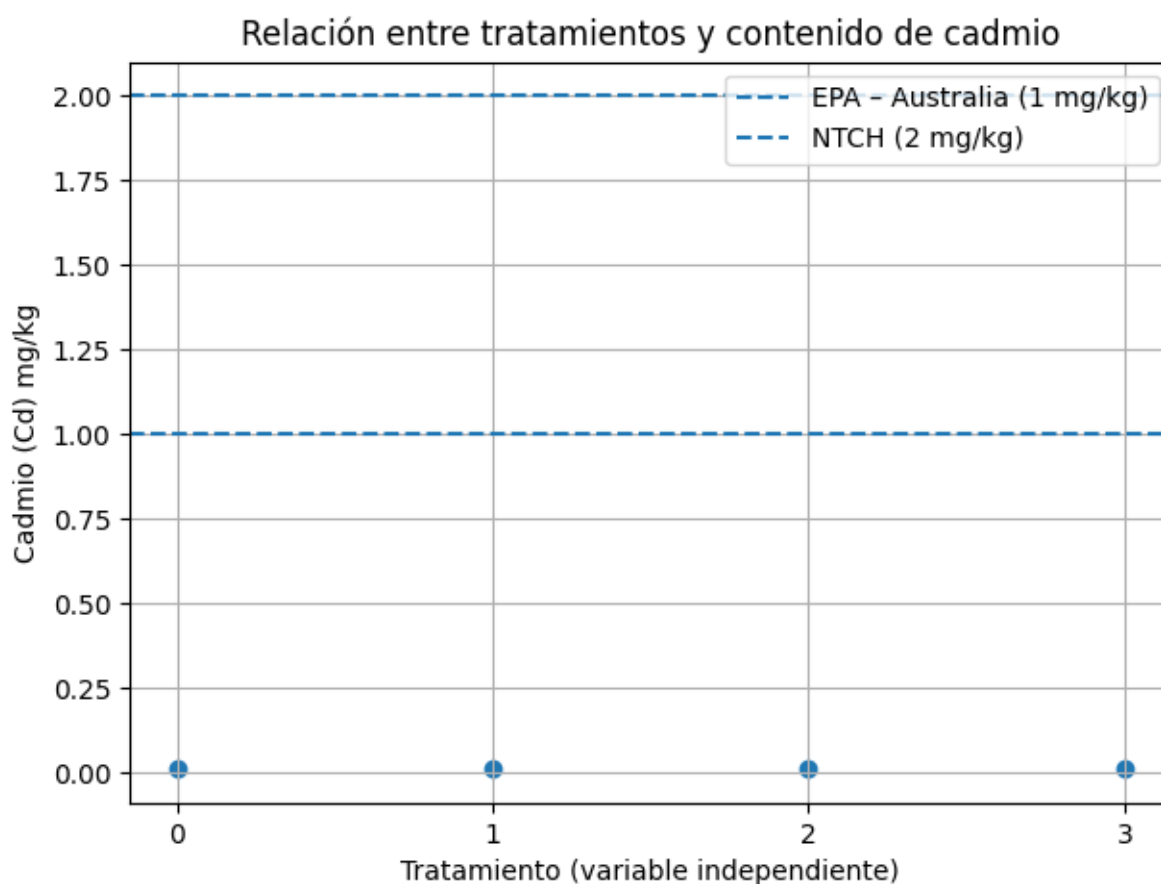
Parámetro de calidad de compost la relación cadmio (Cd)

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
cadmio (Cd)	-	1	-	2

Todos los tratamientos presentan contenidos de Cd por abajo del límite de detección (<0.01 mg/kg). Los valores se encuentran muy por abajo de los límites determinados por EPA–Australia (1 mg/kg) y NTCH (2 mg/kg). por último, el compost evaluado no representa riesgo por cadmio, siendo apto para uso agrícola.

Figura 17

Contenido de cadmio en compost vs. Rangos



4.1.1.15. Parámetro Cromo**Tabla 33***Resultados de cromo (Cr) del compost con los tratamientos de EM*

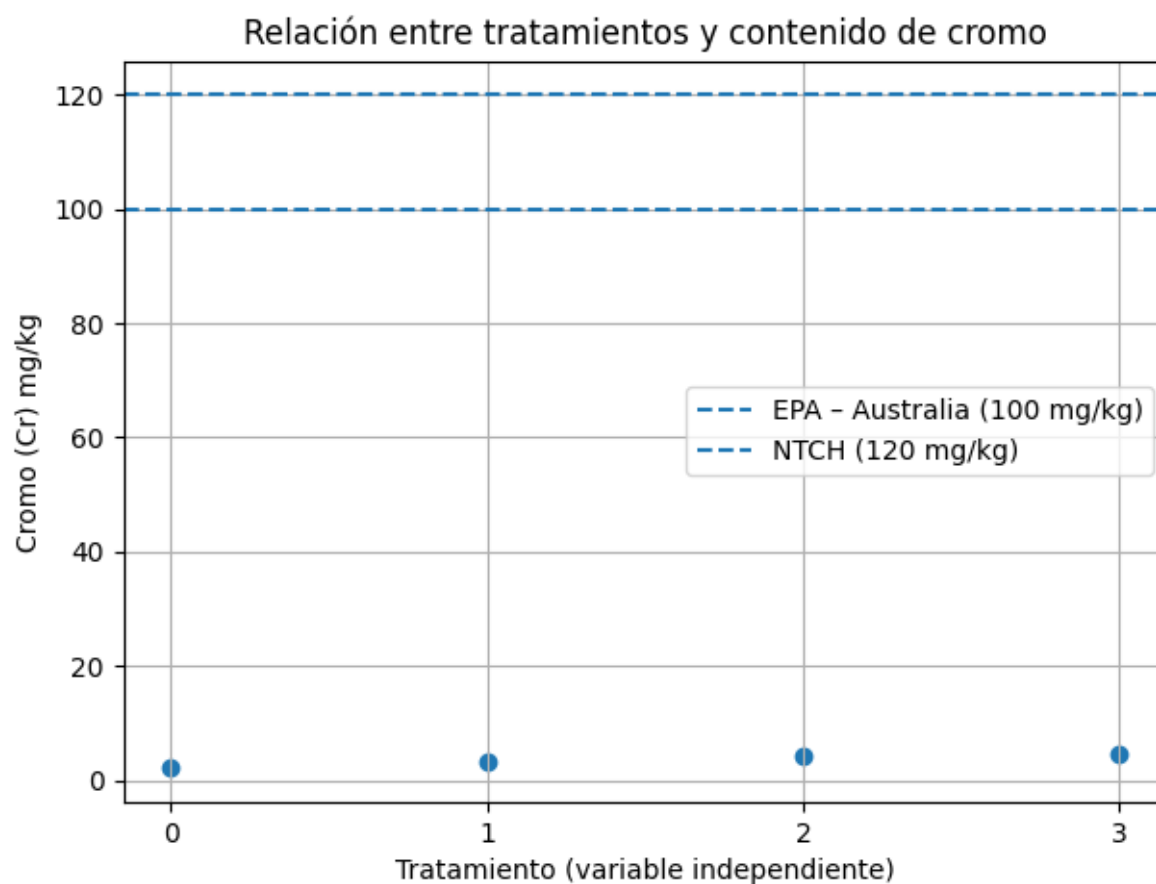
Tratamiento	Descripción	cromo (Cr) mg/kg
0	RM + RC + EO + EV + 0 EM	2.122
1	RM + RC + EO + EV + 750 ml EM	3.169
2	RM + RC + EO + EV + 1500 ml EM	4.120
3	RM + RC + EO + EV + 2500 ml EM	4.593

Nota. RM = Residuos de Mercado. RC = Restos de cosecha. EO = Estiércol de ovino. EV = Estiércol de vacuno, EM = Microorganismos Eficaces

Tabla 34*Parámetro de calidad de compost la relación cromo (Cr)*

Parámetro	Rango para compost maduro			
	FAO	EPA – Australia	IIAP – Iquitos	NTCH
cromo (Cr)	-	100	-	120

Se presenta que todos los tratamientos presentan concentraciones de Cr muy por debajo de los límites EPA–Australia y NTCH. Se observa un incremento progresivo del Cr con el aumento de la dosis de EM. Y los valores obtenidos indican que el compost no representa riesgo por cromo y es apto para usanza agrícola

Figura 18*Contenido de cromo en compost vs. Rangos*



4.2. Discusiones

Baldeon (2023) se elaboró compost esgrimiendo restos orgánicos inoculados con microbios eficaces; posteriormente se evaluará el proceso de compostaje y los indicadores físico-químicos, y se compararán los resultados con los criterios establecidos por la FAO y el IIAP: El pH osciló entre 5.89 y 8; el relente, entre 45% y 55%; y el temple, entre 21.5 °C y 61.3 °C. La conductividad eléctrica registró 2.35 S.m⁻¹, la MO alcanzó el 50%, el N total el 1.18%, el P₂O₅ el 0.8%, el K₂O el 2.4%, el CaO el 2.5%, y el MgO se situó en 755 mg/kg, así también en nuestra investigación se obtuvieron resultados de que el pH varió entre (6.0-6.9), el relente vario en el rango de (26.16% a 41.5%), la conductividad eléctrica fue de 2.98-3.99 dS.m⁻¹, la MO fue de 40-60%, el nitrógeno total fue de 1.0-1.9%, el P₂O₅ fue de 0.4-0.55 meq/100g, el contenido de K₂O fue de 0.41-0.50 meq/100g, el contenido de CaO desarrollado fue de 2.6-4.4 mg/kg, el contenido de MgO fue de 0.56-0.91 mg/kg concluyendo que en ambas investigaciones nos da una buena calidad de compost

Así mismo (Cahuapaza Cotacallapa, 2025) En los indicadores fisicoquímicos evaluados, se consiguieron estos valores; los metales solidos se hallaron dentro de los rangos permitidos: plomo por debajo de 20 mg/kg, cadmio en 0.35 mg/kg, cromo en 35 mg/kg y mercurio inferior a 0.001 mg/kg. por otro lado, en nuestra investigación se obtuvo los resultados de plomo en 49.34 ppm en el tratamiento 1 (750 ml EM), el metal de Zinc en 260 ppm en el tratamiento 2 (1500 ml EM) siendo el mayor; el metal de Cromo en 4.593 ppm siendo mayor en el tratamiento 3 (2500 ml EM) y el metal de Cadmio en <0.01 en todos sus tratamientos.



CONCLUSIONES

Primero: Se ultima que la diligencia de EM fue eficaz en la elaboración de compost de calidad desde los restos orgánicos creados en el distrito de Putina, Puno, durante el año 2025, evidenciándose una mejora en la eficacia del proceso de compostaje en el procesamiento 2 (1500 ml EM) y en la condición del producto final, en cotejo con el procesamiento convencional sin aplicación de EM

Segundo: Se logró implementar adecuadamente la instalación de pilas de compostaje utilizando restos orgánicos generados en Putina, lo que permitió desarrollar el proceso de compostaje bajo condiciones controladas de manejo, volteo y monitoreo

Tercero: Se concluye que las diferentes concentraciones y frecuencias de inoculación de EM influyeron significativamente en los indicadores cinéticos del proceso de compostaje, observándose que el pH varió entre (6.0-6.9), el relente transformó en el rango de (26.16% a 41.5%), la conductividad eléctrica fue de 2.98-3.99 dS.m⁻¹, la materia orgánica fue de 40.0-60.0%.

Cuarto: Se concluye que las diferentes concentraciones y frecuencias de inoculación de EM influyeron significativamente, observándose el nitrógeno total fue de 1.0-1.9%, el P₂O₅ fue de 0.4-0.55 meq/100g el contenido de K₂O fue de 0.41-0.52 meq/100g, el contenido de CaO examinado fue de 2.6-4.4 mg/kg, el contenido de MgO fue de 0.56-0.90 mg/kg, plomo en 33.26-49.35 mg/kg, Zinc en 162-310 mg/kg; Cromo en 2.122 – 4.593 mg/kg y el metal de Cadmio en <0.01 en todos los procesamientos,



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a futuras investigaciones ampliar el rango de concentraciones y frecuencias de inoculación de EM, incorporando niveles intermedios y superiores a los evaluados en el actual estudio, con el fin de identificar la dosis óptima que maximice la eficacia de los procesos de compostaje y la condición del compost obtenido
2. A futuros estudios se recomienda incorporar el análisis de gases generados a lo largo del proceso de compostaje, tales como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y amoníaco (NH_3), con la finalidad de valorar el impacto ambiental del uso de EM y su contribución potencial a la disminución de emisiones de gases de calentamiento atmosférico.
3. A futuras investigaciones se recomienda implementar sistemas de control y recolección de lixiviados a lo largo del proceso de compostaje, fundamentalmente en condiciones climáticas del altiplano, a fin de impedir la polución de la superficie y cuerpos de agua.
4. A futuras investigaciones se recomienda promover el compostaje casero mediante la adecuada segregación de restos orgánicos en la fuente, priorizando el uso de materiales balanceados (ricos en carbono y nitrógeno).



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abebe, N., Bayu, D., Milkyas, A., Melkamu, M., Gebermedihin, A., Goytom, B., . . .

Abebayheu, A. (2020). *Efecto de la inoculación microbiana sobre la renovación de nutrientes y la degradación de la lignocelulosa durante el compostaje: un metaanálisis*. Waste Managemen. Obtenido de <https://shre.ink/7wYT>

Ansorena, Batalla, E., Merino, & Moreno, A. (2011). *El manejo de los residuos biológicos conforme a la normativa de la Unión Europea y (III) Caso práctico de compostaje en condiciones ambientales sin riesgo*.

Bejarano, E. D. (2007). *Análisis de un proceso para la elaboración de abono orgánico a partir de desechos biodegradables generados en el comedor del centro penitenciario de Bogotá "La Modelo", mediante el empleo de Microorganismos Beneficiosos*. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.

Cahuapaza Cotacallapa, Y. (2025). *Valoración de la condición del abono orgánico obtenido de los desechos biodegradables producidos en establecimientos de comida de la ciudad*. Puno: Repositorio UPSC. Obtenido de <https://shre.ink/7wY2>

Calderón, P. (2004). *Compost y Norma Chilena. NCh2880*. .

Castillo Huaman, L. C. (2019). *Valoración de la condición del abono orgánico producido mediante residuos biodegradables y microorganismos beneficiosos (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo. Huancayo*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8245>

Chauca, V. (2014). *Proceso de producción y aplicación del producto EM sobre la calidad de compost de residuos orgánicos de mercados de Sapallanga-*



Huancayo. Huancayo, Perú.: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Choqueluque, M. R., & Condori, K. Y. (2023). *Análisis de la condición del compost aplicando EM en la provincia de Puno.* Puno. Obtenido de <https://shre.ink/7wYU>

Cochachi, E., & Vargas, M. (2008). *Establecimiento del impacto de la proporción carbono/nitrógeno y del contenido de agua sobre la calidad del abono orgánico producido a partir del procesamiento de desechos biodegradables del Distrito de San Pedro de Saño, empleando el proceso de descomposición aeróbica en condiciones de laboratorio.* Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.

Coyla Ccari, R. (2022). *Impacto de los microorganismos beneficiosos en el proceso de elaboración de compost a partir de los lodos de la planta de procesamiento de aguas remanentes del distrito de Lampa.* Puno: Universidad Nacional de Juliaca. Obtenido de <https://shre.ink/7wYm>

EPA. (2013). *Compost guideline.* Environment Protection Authority, South Australia.

Esteban Baldeón, D. J. (2023). *VALORACION DE LA CONDICON DEL COMPOST PRODUCIDO DE RESTOS "RGANICOS UTILIZANDO MICROORGANISMO EFICIENTES EN EL DISTRITO DE SAN ISIDRO, LIMA.* Lima: Repositorio UNFV.

Franco, K. (2007). *Protocolo para la usanza de los EM en el manejo de sólidos.* Guatemala: EMTEC S.A.

Higa, T., & Wididana, .. (1991). *The concept and theories of Effective Microorganisms.* Washington, D.C. USA: Department of Agriculture.

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo.* . Medellín, Colombia: Universidad.



- OEFA. (2014). *Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. . residuos sólidos de gestión municipal provincial., Lima.
- OEFA. (2016). *La fiscalización ambiental en restos sólidos de gestión municipal provincial*. Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, Lima.
- Rivera, J. (2011). *Valoración de microorganismos beneficiosos en procesos de elaboración de abono orgánico a partir de residuos de vegetación (maleza)*. Lima: Repositorio UCV. Obtenido de <https://shre.ink/7wPF>
- Salas, E., & Ramírez, C. (1999). *Prueba microbiológica para determinar los nutrientes asimilables presentes en los fertilizantes orgánicos: ajuste en condiciones de campo*. Congreso Agronómico Naciona. Memoria del III Congreso Nacional de Suelos: Recursos Naturales y Recursos Naturales y.
- Salih, H. G., Cata, S. N., Zhang, B., & Albayati, T. M. (2024). *El papel del inóculo microbiano en la mejora del rendimiento del compostaje y la promoción de la maduración del compost*. El papel del inóculo microbiano en la mejora del rendimiento del compostaje y la promoción de la maduración del compost. doi:<https://doi.org/10.1016/j.grets.2025.100316>
- Soliva, & Lopez. (2004). *Formación de técnicos para el tratamiento y administración de lodos residuales de depuradora a. Valsain*.
- Soto, G., & Geléndez. (2003). *Compost enmienda o abono?. Como medir la calidad de un compost?. En: En: Taller de Abonos Orgánicos. Costa Rica*.
- SSSA. (2008). *Glossary of Soil Science Terms*. Soil Science Society American., . Madison, Wisconsin.
- Valdivia Gamarra, L. F. (2024). *Valoración de la condicion física, química y microbiológica del agua potable embotellada en la ciudad de Puerto Maldonado - Madre de Dios*. Puerto Maldonado: Universidad Nacional



Amazónica de Madre de Dios. Obtenido de <https://shre.ink/7wPj>

Yang, Q., Zhang, S., Li, X., Rong, K., Li, J., & Jiang, L. (2023). *Efectos del inóculo microbiano y aditivos en el compostaje en pilas de estiércol de vaca.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas. China: Universidad de Binzhou, Binzhou. Obtenido de <https://shre.ink/7wPA>



ANEXOS



ANEXO 1. Matriz de consistencia

TITULO: MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
GENERAL: ¿En qué medida la aplicación de microorganismos eficaces (EM) influirá en la generación de compost de calidad a partir de residuos orgánicos en el distrito de Putina, Puno, en el año 2025?	GENERAL: Evaluar la aplicación de los microorganismos eficaces (EM) en la generación de compost de calidad a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Putina, Puno, en el año 2025	La aplicación de una concentración y frecuencia óptima de Microorganismos Eficaces (ME) incrementa significativamente la eficiencia del proceso de compostaje (reducción del tiempo de maduración) y mejora la calidad del compost, a partir de residuos orgánicos municipales del Distrito de Putina, 2025.	Variable independiente Microorganismos eficaces	Dosis de microorganismos eficaces	- volumen de solución de EM	- ml
ESPECIFICO: a) ¿Cuál es el procedimiento técnico adecuado para la implementación de pilas de compostaje destinadas al tratamiento de los residuos orgánicos generados en el distrito de Putina? b) ¿Cómo influyen las diferentes concentraciones y frecuencias de inoculación de microorganismos eficaces (EM) en los parámetros cinéticos del proceso de compostaje? c) ¿Qué calidad tendrá el compost producido mediante la aplicación de microorganismos eficaces con los estándares de calidad establecidos en la normativa, en términos de madurez, contenido nutricional (N, P, K), ausencia de metales pesados?	ESPECIFICO: a) Implementar la instalación de pilas para la generación de compostaje a partir de residuos orgánicos generados en el distrito de Putina b) Determinar la influencia de las diferentes concentraciones y frecuencias de inoculación de microorganismos eficaces (EM) sobre los parámetros cinéticos del proceso de compostaje. c) Determinar la calidad del compost producido mediante la aplicación de microorganismos eficaces con los estándares de calidad establecidos en la normativa, en términos de madurez, contenido nutricional (N, P, K), ausencia de metales pesados.	ESPECIFICO: a) Los residuos orgánicos municipales generados en el Distrito de Putina poseen una composición (físico-química) idónea y una relación Carbono/Nitrógeno (C/N) adecuada para ser utilizados directamente en la implementación de pilas de compostaje con resultados óptimos. b) La inoculación con una concentración y frecuencia óptima de Microorganismos Eficaces (EM) generará una influencia significativa en los parámetros cinéticos del proceso de compostaje, acelerando la fase termófila (mayor temperatura) y logrando una estabilización más rápida del pH y la humedad en comparación con el tratamiento sin EM. c) El compost producido en las pilas inoculadas con la dosis óptima de Microorganismos Eficaces (EM) presentará una calidad superior y cumplirá con los estándares normativos para abonos orgánicos, evidenciado por un mayor grado de madurez, mejor contenido nutricional (N, P, K) y ausencia de metales pesados	Variable dependiente Calidad del compost	Parámetros fisicoquímicos	- pH - temperatura - conductividad - humedad - N,P,K - Plomo - Cadmio - Zinc - Cromo	- - °C - us/cm - % - meq/100g - mg/kg - mg/kg - mg/kg - mg/kg

ANEXO 2. Panel fotográfico

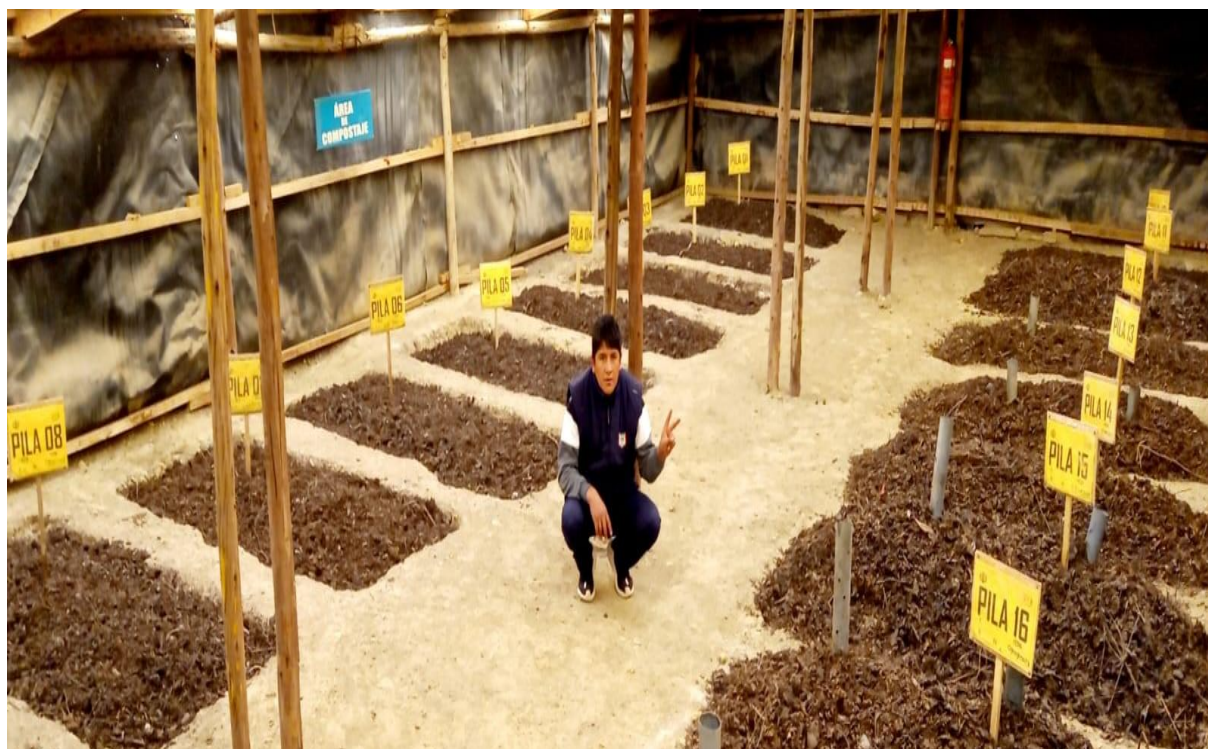
Fotografía 1. Homogenización Y Picado De Residuos Organicos En La Planta De Compostaje



Fotografía 2. Control de los parametros cinéticos



Fotografía 3. Área de compostaje con pilas experimentales debidamente identificadas y señalizadas



Fotografía 4. Actividad de volteo y manejo de pilas de compostaje de valorización de residuos orgánicos.



Fotografía 5. Descarga y manejo inicial de residuos orgánicos en el área de valorización, actividad orientada a la correcta segregación y aprovechamiento.





ANEXO 3. Resultados de laboratorio



LAQUAMEQ E.I.R.L.

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

INFORME DE RESULTADOS N°: LQ - 04925A

DATOS DEL SERVICIO

SOLICITANTE : FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA

PROYECTO : MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025

DATOS DEL ENSAYO

Producto : Suelo
Numero de muestras : 01
Fecha de ensayo : 15/09/2025
Muestreado por : El laboratorio
Ubicación, fecha y hora de muestreo:

Código	Distrito/Provincia/ Departamento	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
T - 0	Putina/San Antonio de Putina/Puno	14/09/2025	8:00

MÉTODO DE ENSAYO

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
1	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	Electrométrico
2	Materia orgánica	%	Walkley y Black
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	Electrométrico
4	Humedad	%	Gravimétrico
5	Nitrógeno total	%	Kjeldhal
6	Fosforo	meq/100g	Espectrofotométrico
7	Potasio	meq/100g	Espectrofotométrico
8	Calcio	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
9	Magnesio	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
10	Cobre	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
11	Zinc	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
12	Plomo	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
13	Cadmio	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
14	Cromo	mg/kg	Absorción atómica (digestión)





LAQUAMEQ E.I.R.L. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

DATOS DEL ENSAYO

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	TO
1	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	6.2
2	Materia orgánica	%	37.0
3	Conductividad eléctrica	mS/cm	2.5
4	Humedad	%	46.0
5	Nitrógeno total	%	0.8
6	Fosforo	meq/100g	0.2
7	Potasio	meq/100g	0.4
8	Calcio	mg/kg	2.8
9	Magnesio	mg/kg	1.3
10	Cobre	mg/kg	0.01
11	Zinc	mg/kg	0.03
12	Plomo	mg/kg	<0.01
13	Cadmio	mg/kg	<0.01
14	Cromo	mg/kg	1.432

Fecha de emisión
29-12-2023



Jr. Deístua N° 522 Barrio 28 de Julio, Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869679 – 978265920

**LAQUAMEQ E.I.R.L.**
LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL**INFORME DE RESULTADOS N°: LQ – 04925B****DATOS DEL SERVICIO****SOLICITANTE** : FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA**PROYECTO** : MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025**DATOS DEL ENSAYO**

Producto : Suelo
Numero de muestras : 04
Fecha de ensayo : 20/12/2025
Muestreado por : El laboratorio
Ubicación, fecha y hora de muestreo:

Código	Dist./Prov./Depart.	Fecha de muestreo	Hora de muestreo
T – 0	Putina/San Antonio de Putina/Puno	19/12/2023	9:00
T – 1	Putina/San Antonio de Putina/Puno	19/12/2023	9:15
T – 2	Putina/San Antonio de Putina/Puno	19/12/2023	9:30
T – 3	Putina/San Antonio de Putina/Puno	19/12/2023	9:50

MÉTODO DE ENSAYO

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
1	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	Electrométrico
2	Materia orgánica	%	Walkley y Black
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	Electrométrico
4	Humedad	%	Gravimétrico
5	Nitrógeno total	%	Kjeldhal
6	Fosforo	meq/100g	Espectrofotométrico
7	Potasio	meq/100g	Espectrofotométrico
8	Calcio	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
9	Magnesio	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
10	Cobre	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
11	Zinc	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
12	Plomo	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
13	Cadmio	mg/kg	Absorción atómica (digestión)
14	Cromo	mg/kg	Absorción atómica (digestión)



Jr. Decústua N° 522 Barrio 28 de Julio, Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869879 – 978265920



LAQUAMEQ E.I.R.L. LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO AMBIENTAL

DATOS DEL ENSAYO

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	T0	T1	T2	T3
1	Potencial de hidrogeno	Unid. de pH	6.0	6.4	6.7	6.9
2	Materia orgánica	%	40.0	45.0	53.0	60.0
3	Conductividad eléctrica	µS/cm	2.98	3.56	3.99	3.34
4	Humedad	%	26.16	32.62	36.45	41.5
5	Nitrógeno total	%	1.0	1.5	1.7	1.9
6	Fosforo	meq/100g	0.4	0.43	0.51	0.55
7	Potasio	meq/100g	0.41	0.43	0.52	0.50
8	Calcio	mg/kg	2.6	3.5	3.9	4.4
9	Magnesio	mg/kg	0.90	0.91	0.69	0.56
10	Cobre	mg/kg	11	22	30	23
11	Zinc	mg/kg	162	252	260	310
12	Plomo	mg/kg	45.25	49.34	46.35	33.26
13	Cadmio	mg/kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
14	Cromo	mg/kg	2.122	3.169	4.120	4.593

Fecha de emisión

29-12-2023



Jr. Detusua N° 522 Barrio 28 de Julio, Puno – San Román – Juliaca
www.laquameq.com – Cel. 920869879 – 970265920



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 24/04/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FREDY HUMBERTO MIRANDA QUILLA

Dirección: PARQUE SAN ANTONIO S/N CP. SANTIAGO GIRALDO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45965525

Teléfono: 931833690 email: fred.f4miranda@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: MICROORGANISMOS EFICACES EN LA GENERACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE
RESIDUOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL DISTRITO DE PUTINA, 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): compost, metales pesados, microorganismos eficaces.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☒ Título ☐ 2da Especialidad ☐ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- ☒ Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- ☐ Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- ☐ No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐

Internacional

☒

Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

24 de Abril del 2026

Fecha