

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Comparación de la eficiencia de los microorganismos de montaña
con los microorganismos comerciales para la biodegradación de
residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad de Santa Ana - La
Convención, Cusco - 2023**

Rolando Caceres Gamarra
Jonathan Huaman Cusiquispe
Luis Abel Olivera Quispe

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Cusco, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinojosa
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 15 de mayo de 2025

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS MICROORGANISMOS DE MONTAÑA CON LOS MICROORGANISMOS COMERCIALES PARA LA BIODEGRADACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE LA MUNICIPALIDAD DE SANTA ANA - LA CONVENCIÓN, CUSCO – 2023"

Autores:

1. ROLANDO CACERES GAMARRA – EAP. Ingeniería Ambiental
2. JONATHAN HUAMAN CUSIQUISPE – EAP. Ingeniería Ambiental
3. LUIS ABEL OLIVERA QUISPE – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- | | | |
|---|--|--|
| • Filtro de exclusión de bibliografía | SI ☒ | NO ☐ |
| • Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas: 05 | SI ☒ | NO ☐ |
| • Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante | SI ☐ | NO ☒ |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

RESUMEN

El estudio realizado “Comparación de la eficiencia de los microorganismos de montaña con los microorganismos comerciales para la biodegradación de residuos sólidos orgánicos de la Municipalidad de Santa Ana - La convención, Cusco, 2023” fue un experimento efectuado empleando dos tipos de microorganismos. En el cual, demostró la eficiencia de los microorganismos de montaña asociada a los microorganismos comerciales, para la generación de un compost a partir de residuos orgánicos.

El uso conjunto de microorganismos de montaña y microorganismos comerciales ha demostrado ser más eficiente para la biodegradación de residuos sólidos orgánicos. Los parámetros físicos, incluyeron evaluación del pH, conductividad, humedad y temperatura. El parámetro de pH, para Factor B (Microorganismos comerciales) se acepta la hipótesis alterna (H_a) y se rechaza la hipótesis nula (H_0) debido al $P\text{-Valor}=0,0267$. Con las concentraciones de 2 y 2,5% se obtiene un pH adecuado que está en 6.18 y 6.19 respectivamente. Para el parámetro de Conductividad Eléctrica (dS/m), se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_a) debido que el $P\text{-Valor}=0,9648$. Eso nos indica que para Conductividad Eléctrica (dS/m) no hay diferencia estadística. La temperatura se estabilizó a 20,78°C para las muestras de microorganismos comerciales, 21,53°C para microorganismos de montaña y 21,63°C para microorganismos mixtos. Con relación a la humedad llegó a 45% para microorganismos comerciales, 52.5%, para microorganismos comerciales, y 52,05% para las muestras mixtas. Los parámetros químicos, con relación al valor de nitrógeno hallado en las muestras de compost hay diferencia altamente significativa para los microorganismos EM-Comerciales + EM- Montaña con un valor de 5215.56 mg/kg de nitrógeno a dosis de 2% EM y b2: Dosis de 2.5% EM, que son estadísticamente. En cuanto al valor de fósforo en la muestra de compost se observa que hay diferencia altamente significativa para los microorganismos comerciales a una dosis de 2%. En relación al valor de potasio, calcio, cadmio, cobre, plomo y zinc no hay diferencia estadística significativa para microorganismos comerciales ni para microorganismos de montaña, pero si para la asociación de ambos tipos de microorganismos a dosis de 2.5 %.

Palabras clave: *microorganismos de montaña, microorganismos eficientes, microorganismos comerciales, compost*

ABSTRACT

The study carried out "Comparison of the efficiency of mountain microorganisms with commercial microorganisms for the biodegradation of organic solid waste from the Municipality of Santa Ana - La Convención, Cusco, 2023" was an experiment carried out using 2 types of microorganisms, which demonstrated the efficiency of mountain microorganisms associated with commercial microorganisms, for the generation of compost from organic waste.

The physical parameters included evaluation of pH, conductivity, humidity and temperature. The pH parameter, for Factor B (Commercial microorganisms), the alternate hypothesis (Ha) is accepted and the null hypothesis (Ho) is rejected due to the P-Value=0.0267. With concentrations of 2 and 2.5%, an adequate pH is obtained which is 6.18 and 6.19 respectively. For the Electrical Conductivity parameter (dS/m), the null hypothesis (Ho) is accepted and the alternate hypothesis (Ha) is rejected because the P-Value=0.9648. This indicates that for Electrical Conductivity (dS/m) there is no statistical difference. The temperature stabilized at 20.78°C for commercial microorganism samples, 21.53°C for mountain microorganisms and 21.63°C for mixed microorganisms. Regarding humidity, it reached 45% for commercial microorganisms, 52.5% for commercial microorganisms, and 52.05% for mixed samples. The chemical parameters, in relation to the nitrogen value found in the compost samples, there is a highly significant difference for EM-Commercial + EM-Mountain microorganisms with a value of 5215.56 mg/kg of nitrogen at a dose of 2% EM and b2: Dose of 2.5% EM, which are statistically. Regarding the phosphorus value in the compost sample, it is observed that there is a highly significant difference for commercial microorganisms at a dose of 2%. Regarding the value of potassium, calcium, cadmium, copper, lead and zinc, there is no statistically significant difference for commercial microorganisms or for mountain microorganisms, but there is for the association of both types of microorganisms at a dose of 2.5%.

Keywords: *mountain microorganisms, efficient microorganisms, commercial microorganisms, compost*

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	4
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Problema general.....	3
1.1.2 Problemas específicos	3
1.2 Objetivos	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Justificación e importancia	4
1.4 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes del problema	7
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	9
2.1.3 Antecedentes locales	10
2.2 Bases Teóricas.....	10
2.2.1 Microorganismos de montaña	10
2.2.2 Microorganismos comerciales	17
2.2.3 Biodegradación de residuos orgánicos	20
2.3 Definición de términos	21

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	24
3.1 Método y alcance de la investigación.....	24
3.2 Diseño de la investigación.....	24
3.3 Población y muestra	24
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.4.1 Técnicas e instrumentos	26
3.4.2 Cronograma.....	26
3.4.3 Procedimientos	27
CAPÍTULO IV.....	42
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	42
4.2 Parámetro de Conductividad Eléctrica (dS/m)	43
4.3 Parámetros de temperatura	44
4.4 Monitoreo de humedad.....	47
4.5 Parámetro de Nitrógeno.....	51
4.6 Parámetro de fósforo	54
4.7 Parámetro de potasio	57
4.8 Parámetro de Magnesio.....	59
4.9 Parámetro de Calcio	60
4.10 Parámetro de Cadmio.....	60
4.11 Parámetro de Cobre.....	61
4.12 Parámetro de plomo	62
4.13 Parámetro de zinc	62
CONCLUSIONES	67
REFERENCIAS	69
ANEXOS	78
Anexo 1. Autorización de estudio	79
Anexo 2. Matriz de consistencia.....	81
Anexo 3: Mapa del trabajo de campo.....	1
Anexo 4: monitoreo de parámetros físicos de compost.....	2

Anexo 5: resultados de laboratorio 	8
18 DE MARZO DE 2024.....	24
Anexo 6: informes de laboratorio Ensayo 1	49
Anexo 7: informes de laboratorio Ensayo 2	56
Anexo 8: informes de laboratorio Ensayo 3	63
Anexo 9: disposición de baldes con muestras	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Nutrientes aceptables en el compost	15
Tabla 2: Contenido de nutrientes en el compost según norma técnica nacional.....	15
Tabla 3: Factores a estudiar en la investigación	25
Tabla 4: Combinación factorial para cada unidad experimental.....	25
Tabla 5: Tratamientos a utilizar en el experimento	25
Tabla 6: Instrumentos de utilidad en campo.....	26
Tabla 7: Cronograma de actividades de campo.....	26
Tabla 8: Toma de parámetros físicos.....	39
Tabla 9: Análisis de varianza del parámetro de pH.....	42
Tabla 10: Prueba de significación de Tukey para el parámetro de pH para el factor B.....	43
Tabla 11: Análisis de varianza de Conductividad Eléctrica (dS/m)	43
Tabla 12: Análisis de varianza de Nitrógeno Total (mg/kg).....	51
Tabla 13: Prueba de significación de Tukey para nitrógeno total (mg/kg) para el factor A	52
Tabla 14: Prueba de significación de Tukey para nitrógeno total (mg/kg) para el factor B	52
Tabla 15: Prueba de significación de Tukey para nitrógeno total (mg/kg) para la combinación Factor A x factor B.....	53
Tabla 16: Análisis de varianza de fósforo total (mg/kg)	54
Tabla 17: Prueba de significación de Tukey para fosforo total (mg/kg) para el factor B	55
Tabla 18: Prueba de significación de Tukey para fosforo total (mg/kg) para la combinación Factor A x factor B.....	55
Tabla 19: Análisis de varianza de potasio (mg/kg)	57
Tabla 20: Prueba de significación de Tukey para potasio (mg/kg) para la combinación Factor A x factor B.....	58
Tabla 21: Análisis de varianza de magnesio (mg/kg).....	59
Tabla 22: Análisis de varianza de calcio (mg/kg)	60
Tabla 23: Análisis de varianza de cadmio (mg/kg)	60
Tabla 24: Análisis de varianza de cobre (mg/kg)	61
Tabla 25: Análisis de varianza de plomo (mg/kg).....	62
Tabla 26: Análisis de varianza de zing (mg/kg)	62

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Recogiendo microorganismos de montaña	27
Figura 2: Colecta de microorganismos de montaña	28
Figura 3: Recojo de microorganismos de montaña en Maranura. La Convención, Cusco.	28
Figura 4: Recojo de agua de rio.....	29
Figura 5: Preparación de melaza	29
Figura 6: Balde mostrando compost con presencia de microorganismos	30
Figura 7: Balde perforado para el compostaje.....	30
Figura 8: Material orgánico listo para el compostaje	31
Figura 9: Vista frontal del balde para hacer compostaje	32
Figura 10: Vista a la base del balde de compostaje	33
Figura 11: Verificación de las muestras a ser colocadas en los baldes.....	33
Figura 12: Pesado de las muestras en cada balde	34
Figura 13: Selección del material a compostar.....	35
Figura 14: Inoculación de microorganismos comerciales	36
Figura 15: Inoculación de microorganismos de montaña.....	36
Figura 16: Acomodando las muestras de experimentación	38
Figura 17: Baldes de muestras en el lugar de trabajo	38
Figura 18: Listos para el volteado de las muestras de material orgánico	39
Figura 19: Revisión de las muestras.....	40
Figura 20: Toma de temperatura	40
Figura 21: Electro conductividad	40
Figura 22: Toma de pH	41
Figura 23 Monitoreo de temperatura respecto a la dosis de microorganismos comerciales	44
Figura 24: Monitoreo de la temperatura respecto a la dosis de microorganismos de montaña	45
Figura 25 Monitoreo de temperatura respecto a la dosis de microorganismos comerciales + microorganismos de montaña.....	46
Figura 26 Monitoreo de humedad respecto a la dosis de microorganismos comerciales	47
Figura 27 Monitoreo de humedad respecto a la dosis de microorganismos de montaña.....	48
Figura 28 Monitoreo de humedad respecto a la dosis de microorganismos comerciales + microorganismos de montaña.....	50
Figura 29: Interacción de Microorganismos de montaña x Microorganismos comerciales para Nitrógeno total (mg/kg).....	54
Figura 30: Interacción de Microorganismos de montaña x Microorganismos comerciales para fósforo total (mg/kg).....	56

Figura 31: Interacción de Microorganismos de montaña x Microorganismos comerciales para potasio (mg/kg).....	58
---	----