




Evaluación del compost aplicando la técnica (alto y bajo relieve), utilizando residuos orgánicos sólidos, Comunidad Thia Huayrapata Municipio Irupana

Evaluation of compost applying the technique (high and low relief), using solid organic waste, Thia Huayrapata Community Irupana Municipality

Jorge Gabriel Espinoza Almazán ^{1,*} , Olivia Apaza Quispe ²  y
Ronald Rubén Apaza Huiza ³ 

¹Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Bolivia, Facultad de Agronomía Docente, Correo: jorgealmazan_7886arg@hotmail.com, Correo: jorgeargentina788606messi@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8210-2697>

² Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía Carrera CIP y CA Docente Investigadora–Consultora Medio Ambiente y Desarrollo Rural, Correo: olivia831@live.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-2746-032X>

³ Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), Facultad de Agronomía Carrera CIP y CA-Programa Técnico Superior Agropecuaria Irupana-Investigador, Productor, Correo: Ronaldapazahuiza@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1922-8925>

Resumen

La Evaluación del efecto de dos tratamientos de residuos orgánicos en la producción de compost en la Comunidad Thia Huayrapata, Municipio de Irupana, Provincia Sud Yungas, Departamento de La Paz, tuvo como objetivos específicos: caracterizar el compost aplicando la técnica (Alto y bajo relieve), estudio de microorganismos y determinar costos de producción. Los insumos fueron: basura orgánica, gallinaza, tierra de monte y hojarasca (diferentes proporciones) los activadores fueron te de humus de lombriz y suero de leche. Durante el proceso (64 días) se realizaron 6 volteos (Fase mesófila, termófila, enfriamiento y maduración), la temperatura registrada fue de 44 °C (Alto Relieve) y 35 °C (Bajo Relieve), las variables en laboratorio fueron (Porosidad 48 %, potasio 7817,40 ppm, nitrógeno total 1,60 %, materia orgánica 38 %, carbono orgánico 21 % y fósforo total 6180 ppm) y Bajo Relieve (Porosidad 48 %, potasio 6595,30 ppm, nitrógeno total 1,45 %, materia orgánica 36,4 %, carbono orgánico 20 % y fósforo total 5740 ppm), la producción 106 Kg (Alto Relieve) y 105 Kg (Bajo Relieve), el análisis de microorganismos de bacterias mesófitas aerobias viables, alcanzo un valor de 2,9E +07 (bajo relieve) y 1,8E+07 (alto relieve) y con relación al recuento de hongos y levaduras se registró un valor de 1E+05 (bajo relieve) y 1,2E+05 (alto relieve) respectivamente, finalmente se alcanzó un B/C de 0,57 Bs (Alto relieve) y en Bajo relieve 0,47 Bs por 1 Bs invertido.

Palabras clave: Alto Relieve, Bajo Relieve, Compostaje, Microorganismos, Residuos orgánicos.

Abstract

The evaluation of the effect of two organic waste treatments on compost production in the Thia Huayrapata Community, Municipality of Irupana, Sud Yungas Province, Department of La Paz, its specific objectives were: to characterize the compost using the high and low relief techniques, to study microorganisms, and to determine production costs. The inputs were: organic waste, chicken manure, forest soil, and leaf litter (in different proportions). The activators were worm humus tea and whey. During the process (64 days) 6 turnings were carried out (Mesophilic phase, thermophilic phase, cooling and maturation), the recorded temperature was 44 °C (High Relief) and 35 °C (Low Relief), the laboratory variables were (Porosity 48%, potassium 7817.40 ppm, total nitrogen 1.60%, organic matter 38%, organic carbon 21% and total phosphorus 6180 ppm) and Low Relief (Porosity 48%, potassium 6595.30 ppm, total nitrogen 1.45%, organic matter 36.4%, organic carbon 20% and total phosphorus 5740 ppm), the production 106 Kg (High Relief) and 105 Kg (Low Relief), the analysis of microorganisms of viable aerobic mesophilic bacteria, reached a value of 2.9E +07 (low relief) and 1.8E+07 (high relief) and in relation to the count of fungi and yeasts a value of 1E+05 (low relief) and 1.2E+05 (high relief) was recorded respectively, finally a B/C of 0.57 Bs (High relief) and in Low relief 0.47 Bs per 1 Bs invested was reached.

Keywords: High relief, Low relief, Composting, Microorganisms, Organic waste.

Recibido: 30/10/2025

Aceptado: 02/12/2025

Publicado: 30/12/2025

***Autor para correspondencia:** jorgealmazan_7886arg@hotmail.com

Cómo citar: Espinoza Almazán, J. G. ., Apaza Quispe, O. ., & Apaza Huiza, R. R. . (2025). Evaluación del compost aplicando la técnica (alto y bajo relieve), utilizando residuos orgánicos sólidos, Comunidad Thia Huayrapata Municipio Irupana. *Revista De Investigaciones*, 14(4), 226-235. <https://doi.org/10.26788/ri.v14i4.7291>

Introducción

El compostaje es una tecnología simple y económica para aprovechar una variedad de desechos biodegradables (papeles, estiércoles animales y desechos de jardín o cocina) (Roben, 2002), el producto final del proceso de compostaje, se puede emplear como enmienda orgánica, puede mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Chefets et al., 1996), representa un valioso recurso agrícola que mejora la estructura del suelo (Binner, 2013), los procesos de transformación de residuos es una alternativa para un enfoque sostenible (Puerta, 2004), es un tratamiento óptimo para desechos orgánicos, se combina el aire, agua, la temperatura y la relación adecuada de nutrientes para el proceso aeróbico (Perez, 2008).

Para Cegesti (2012), la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que busca cambiar el enfoque de producción convencional, con una mejor gestión y producción sostenible de alimentos, la contaminación ambiental puede alterar o degradar la calidad del aire, agua y recursos naturales, con efectos nocivos para la salud (Mamani, 2000). Los residuos sólidos requieren un cambio de hábito en su manejo (Gutiérrez, 2012), el uso de tecnologías de investigación y comunicación de prácticas en el manejo de residuos es imprescindible para la sostenibilidad (Ruiz, 2023).

Los residuos orgánicos, son los desechos cuyo origen es animal o vegetal, que tienden a descomponerse biológicamente por la acción de algunos microorganismos o agentes fisicoquímicos bajo condiciones normales (Suárez, 2000). Los residuos inorgánicos se subdividen en inorgánicos reciclables y no reciclables (Ruiz, 2023). El proceso de compostaje es una técnica sencilla y económica (Roben, 2002). Es un abono preprocesado que se obtiene de la descomposición y conversión biológica aeróbica de desechos orgánicos de origen vegetal (tocones y malezas) y desechos de origen animal (estiércol fresco y/o almacenado (Chilon, 2015), el proceso de compostaje altoandino contempla el uso de materiales locales como paja de cereales, estiércol de camello, vaca, oveja y cenizas a una altitud a casi 4,000 m.s.n.m., así como, agentes bioactivos locales y es una tecnología para producir compost a partir de materiales fermentados, con un adecuado control

de la humedad, aireación, temperatura y pH de los granos de quinua, tarwi, maíz, yogur y suero, se logra un compost de 1,5 a 2 meses. El proceso de compostaje presenta cuatro etapas de diferente duración y diferentes acciones en el proceso de termo compostaje alto andino (etapa inicial, etapa muy activa con valores de temperatura elevados, etapa madura de mayor duración y la etapa final (Chilon, 2010), por otra parte la pre-fermentación es la primera etapa del proceso de compostaje y comienza bajo la influencia de bacterias mesófitas, la temperatura aumenta rápidamente 75 °C (proceso de biodegradación), la segunda etapa (fermentación primaria) se llega a la degradación biológica por bacterias termófilas (Fuentes, 2000).

Las propiedades que tienen las bacterias de metabolizar elementos y compuestos son inoculantes biológicos en sistemas agrícolas y procesos como el compost, a través de diferentes (fijación de nitrógeno, inducción de resistencia frente a patógenos y otros procesos (Angulo et al., 2012), durante el proceso los microorganismos asimilan los residuos fácilmente descomponibles, las temperaturas bajan y el compost toma textura granulosa y oscura. Según Ahumada (1995), el abono orgánico es un material resultante de la descomposición natural de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes, transformando este material para su aporte al suelo, este proceso puede ser aeróbico o anaerobio, generando un producto estable de alto valor. Libreros (2012), se tiene diferentes tipos de compostaje como las pilas estáticas con aireación pasiva apropiado para analizar el costo/eficacia, comparado con otros "pilas con volteo" que permiten un mejor flujo de la masa de aire desde la parte inferior hacia la zona superior de la pila. Perez (2008), el compostaje superficial es una técnica sencilla y económica para aprovechar los residuos, y con la acción de microorganismos se descompone y es útil para la agricultura (Roben, 2002), el compostaje en pilar es un sistema antiguo y sencillo, utilizando el material biodegradable es colocado en pilas triangulares, el tamaño es importante para el proceso de compostaje, para asegurar la acción de los microorganismos y el proceso de descomposición (Fuente, 2000).

El sistema de Compostaje, los materiales y métodos de producción del compost varían

dependiendo de las características del ambiente y ecosistema produce el compost, se distinguen el alto Relieve afirma para regiones subtropicales húmedas, se recomiendan métodos de compostaje de alta relajación para evitar el exceso de humedad y facilitar la conversión, bajo relieve menciona que este sistema es más utilizado en regiones semiáridas se recomienda el compostaje bajo relieve o en estanques para reducir la pérdida de agua por evapotranspiración, sin embargo, es una opción para ecosistemas tropicales (Chilon, 2015).

Los parámetros esenciales en el proceso de compostaje son fundamentales, ya que determinan la calidad del producto (Fuentes, 2000), el pH varía en el proceso mesófilo (inicial), se incrementa (desarrollo) y baja (etapa final) y su influencia sobre los microorganismos, los hongos toleran un pH entre 5 y 8, mientras que las bacterias de 6 a 7,5 (Pérez, 2008), el valor de la relación C/N determina si la descomposición de la materia orgánica es baja o alta, un valor C/N de 50 a 80 tiene mucha materia orgánica fresca y poca actividad microbiana (Mamani, 2000), la temperatura es un parámetro que mejor describe la evolución del proceso, considerando las cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración, las bacterias termófilas tienen una temperatura de 45°-70 °C, este grupo descompone la materia orgánica, extrae energía y materiales para la regeneración y libera calor durante la operación (Cegesti, 2012).

La población microbiana produce cambios físicos y químicos, debido a la sucesión de poblaciones microbianas, las bacterias (organismos vivos más pequeños y numerosos) constituyen del 80 % al 90 %/gramo de compost responsables en la descomposición, producción de energía calorífica, las bacterias que participan son mesófilas y termófilas. (Delgado, 2008), los actinomicetos realizan la degradación de compuestos orgánicos complejos, tales como la celulosa, lignina, quitina y proteínas (Cabrera, 2001).

El compost al ser aplicado al suelo, mejora las propiedades físicas, favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad, permeabilidad, aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo, fertilidad del suelo, incrementa el contenido de macronutrientes N,P,K y

micronutrientes, la capacidad CIC, mejora la actividad biológica, sin embargo también efectos negativos: aumento del pH, que puede llegar a ser peligroso para los cultivos, aumento de la conductividad eléctrica (salinización de suelo, o acuíferos tras el lavado de las sales del suelo) y aporte de metales pesados al suelo (García, 2012).

En referencia a las propiedades químicas, incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre, estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón, inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción, inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas, aumenta la capacidad de intercambio catiónico "CIC" (mayor que las arcillas), y regula el pH (Aubert, 1998), desde el punto de vista ecológico e industrial, las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. (Peña et al., 2002), citado por Castillo (2015).

Los activadores son sustancias que estimulan la descomposición; contienen gran cantidad de proteínas y aminoácidos (Cedillo, 2013), Chilon (2010), los activadores biológicos (ABL) son sustancias orgánicas obtenidas de la fermentación de: chicha de quinua, tarwi y otros cultivos andinos, aportando microorganismos para el proceso de compostaje. El suelo es un "ser vivo", contiene una gran diversidad de organismos vivos: bacterias, hongos, y actinomicetos (Coleman et al., 2008), la microbiología del suelo es esencial para comprender los procesos realizados en los sistemas de producción (Suzuki, 2009). La microbiota puede contener miles de millones de bacterias, hongos y actinomicetos/ gramo de suelo, los aerobios mesófilos son un grupo de microorganismos capaces de desarrollarse en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20 °C y 45 °C con una óptima entre 30 °C y 40 °C. El recuento de estos microorganismos, en condiciones establecidas, estima la microflora total sin especificar los tipos que se encuentran (Álvarez, 2008).

En tal sentido la investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de dos tratamientos de residuos orgánicos para elaborar compost.

Objetivos específicos: caracterizar el compost aplicando la técnica (Alto y bajo relieve), estudio de microorganismos y determinar costos de producción.

Metodología

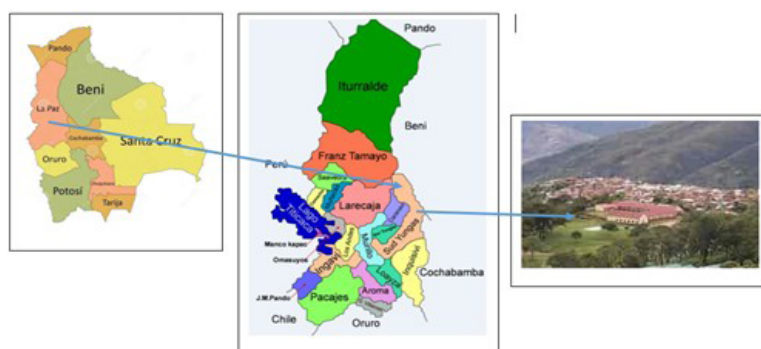
Lugar de estudio

La investigación se realizó en el Departamento de La Paz, Provincia Sud Yungas, Municipio de Irupana Comunidad Huayrapata. (PDTI, 2022), a través del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente), realiza actividades para sensibilizar sobre el manejo de residuos y su aprovechamiento (GAMI, 2024).

Con relación a los aspectos agroecológicos, la temperatura es variable mínima de 5,1 °C, máximas de 18,5 °C y con una media de 11,1 °C (Sector Illimani) y la zona baja (sector Irupana) con mínimas de 13°C, máximas de 24,8 °C y con una media de 18,92 °C, la precipitación promedio anual alcanza 1046 mm, siendo mayor en el sector Irupana (1,380 mm) en comparación al sector Illimani (861,6 mm), en ambas regiones la mayor acumulación se presenta entre los meses de diciembre a marzo, los suelos corresponden al tipo de uso agrosilvopastoril (PTDI, 2022), el 34 % de la superficie del Municipio es ocupada por la actividad agrícola, al igual que la Comunidad Huayrapata, se dedican a la producción agrícola, cultivos alternativos y coca. (INE, 2013) (Figura 1).

Figura 1

Mapas de localización de investigación, Bolivia y La Paz



Nota. Localización de la Investigación (PDTI, 2022).

Se consideró la metodología recomendada por Chilon (2010), estructurando el compost por estratos (residuos orgánicos, estiércol, ceniza y activador biológico).

a. Alto Relieve, realizando las actividades:

- Selección del área para el ensayo (cubierto, seco y firme)
- Limpieza y nivelación del terreno. (1 x 1,5 m), asegurándose de eliminar cualquier elemento que pudiera afectar el proceso de compostaje.
- Acopio de residuos orgánicos
- Preparación de elementos de protección personal y materiales, insumos y herramientas necesarios.
- Pesado de la cantidad de residuos e insumos a utilizar y registro correspondiente.
- Disolución en un recipiente del activador biológico(melaza).

- Incorporación de residuos orgánicos, y formado de la pila para el proceso de descomposición (mezclado homogéneo de todos los insumos) la pila tiene entre 1 m a 1,5 m de altura.
- Control de la humedad en la pila, si está muy seca desde el inicio de su elaboración la descomposición es muy lenta y disminuye la actividad de los microorganismos (debe agregar agua hasta obtener la humedad ideal).
- Si la pila está muy húmeda puede haber putrefacción de los materiales, se controló agregando más material seco, se dejó un espacio para el volteo pertinente.
- Control de la temperatura durante el proceso, registro y medición del pH.
- Se cubrió con paja y un plástico de color negro a fin de disminuir la evaporación del agua y su control del proceso para su empaque y almacenado.

- Se hizo el volteo del compost de forma homogénea, para favorecer el proceso aerobio.
- Toma de muestra para laboratorio y determinación de variables a analizar.

b. Bajo Relieve, se aplicó la secuencia:w

- Se ubicó el área para la investigación.
- Limpieza, excavación y nivelación del terreno, (libre de elementos que influyan en la descomposición).
- Acopio de residuos orgánicos, pesado e incorporación en el lugar para formación de la pila de compostaje hasta una altura de 1,5 m.
- Preparación del activador biológico (melaza) y control de variables (temperatura, humedad y pH).
- Protección de la pila, con paja y un plástico de color negro a fin de disminuir la evaporación del agua y su control del proceso para su empaque y almacenado.
- El volteo fue cada 10 días del compost favoreció el proceso de aeróbico de descomposición, se aplicó 10 lt de agua a la pila, se distribuyó uniformemente en las 4 capas,

se redujo la incorporación del agua según los requerimientos de la composta.

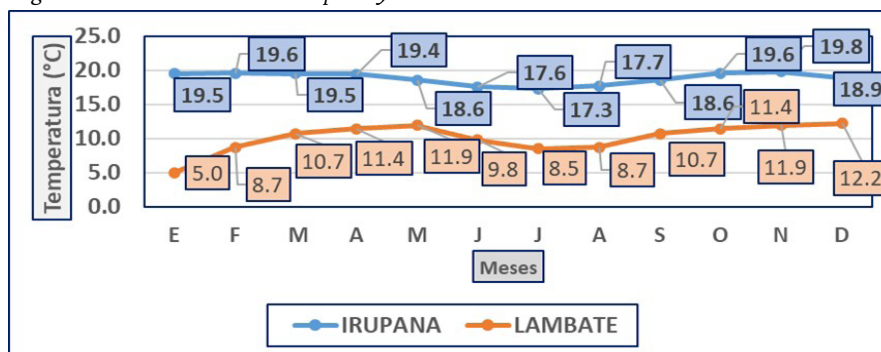
- Se registró la temperatura en la parte superior, media e inferior de la compostera, y el pH, finalizado el proceso se tamizo la muestra, y se seleccionó 1 Kg para el análisis en laboratorio de acuerdo con el protocolo establecido.

Resultados

La Comunidad Thia Huayrapata, registro una media de 17,2 °C, una mínima de -1,4 °C (SENAMHI, 2023), tuvo efecto en los primeros 25 días, presentando un incremento a 55 °C, (Descomposición aeróbica), entre los días 25 y 35 de iniciado el proceso.

La temperatura se mantuvo en valores relativamente estables, lo que caracteriza el estado donde tiene lugar la plena formación del compost, posteriormente los valores de temperatura descienden de forma gradual debido al decrecimiento de la descomposición y el equilibrio de la actividad biológica con la reserva de nutrientes disponibles en la mezcla (Figura 2).

Figura 2
Registros Climáticos Estación Irupana y Lambate



La caracterización de la elaboración del compost aplicando la técnica (Alto y bajo relieve) utilizando

residuos orgánicos sólidos, a través del análisis de laboratorio (Tabla 1).

Tabla 1
Resultados de Laboratorio Compost Alto Relieve y Bajo Relieve

Variable	Alto Relieve		Bajo Relieve	
	Unidad	Valor	Unidad	Valor
Porosidad	%	48	%	48
Potasio	ppm	7817,4	ppm	6593,30
Nitrógeno	%	1,6	%	1,45
Materia Orgánica	%	38	%	36,40
Abono Orgánico	%	21	%	20
Fosforo	ppm	6180	ppm	5740

Nota. LAFASA UMSA Facultad de Agronomía (2024)

El valor de la porosidad en ambos procesos 48 %, permitió regular la circulación de oxígeno de esta forma asegurar condiciones aeróbicas óptimas, evitando la generación de olores y procesos anaeróbicos indeseables, (Chilon , 2013) alcanzo valores de 71 % a 76 % empleando diferentes insumos, activadores (yogurt, leche, fermento de quinua, levadura, suero de leche y caldo humus) y periodo de evaluación (Alto relieve y Bajo relieve-pozas).

En referencia al potasio los valores varían de 7817,4 ppm (Alto relieve) a 6593,30 ppm (Bajo relieve), relevante para que el compost sea un fertilizante orgánico completo contribuyendo a la nutrición y resistencia de los cultivos, Mollinedo (2009), el potasio es componente vital de los tejidos vegetales y la cantidad para procesos de descomposición, el nitrógeno con 1,45 % (Bajo Relieve) y 1,6 %. (Alto relieve), siendo esencial para el crecimiento y la actividad de los microorganismos encargados de descomponer la materia orgánica, (Huaynoca,

2015), empleando desechos vegetales (gallinaza y otros), alcanzo 3,43 %, 2,53 % y 2,30 % respectivamente mencionado por (Castillo, 2015), la materia orgánica con valores de 38 % y 36,40 % es fundamental ya que es el material base que se descompone y transforma en compost, (Castillo, 2015) alcanzo el 43,68 % de humus de lombriz, compost de hojas de eucalipto 41,34 %, (Chilon, 2015), menciona que la materia orgánica logra un producto adecuad para la interacción de los microorganismos del suelo, el fosforo contenido en la materia orgánica se mineraliza y se vuelve más disponible para las plantas al aplicar al suelo los valores en alto y bajo relieve 6180 ppm y 5740 ppm respectivamente.

Con relación al análisis de microorganismos del suelo, recuento de bacterias mesófitas aerobias viables y hongos y levaduras, se empleó el método de filtración por membrana para el recuento de bacterias mesófitas viables en las muestras de suelo (Rivera et al., 2002) (Tabla 2).

Tabla 2

Recuento total de Bacterias mesófilas Aerobias Viables

Código	Dilución				UFC/g ss			
	Número de Colonias							
	1	2	3	Promedio	1	2	3	Promedio
9	35	20	24	26,33	3,9 E+07	2,20E+07	2,7E+07	2,9E+07
10	14	20	14	16,00	1,6E+07	2,2E+07	1,6E+07	1,8E+07

Para el recuento de hongos y levaduras, se utilizó el método de dilución en serie en placas en las muestras de suelo (Waksman, 1922). Donde el código 10 tuvo un recuento superior de hongos y levaduras respecto al código 9. Es decir, una mayor actividad biológica en el compost de ese

tratamiento. Ambos valores (10^5 UFC/gss) son típicos de compost en proceso de maduración, donde los hongos y levaduras cumplen un papel clave en la degradación de materia orgánica y la estabilización del compost (Tabla 3).

Tabla 3

Recuento total de Hongos y Levaduras

Código	Dilución				UFC/g ss		
	Numero De Colonias						
	1	2	3	Promedio	1	2	Promedio
9	47	31	50	42,67	8,50E+04	1,20E+05	1,00E+05
	43	60	72	58,33			
10	54	46	60	53,33	1,15+05	1,40E+05	1,20E+05
	70	68	71	69,67			

Nota: UFC: Unidades formadoras de colonias de hongos, g: gramo, ss: Suelo seco, Prom: Promedio

El recuento de microorganismos del suelo provee información como indicadores biológicos, que se cuantifican a través del número de unidades formadoras de colonia/gramo de suelo seco (UFC/g ss). Existen, información de varios rangos comunes en los recuentos de estos indicadores en el suelo: Bacterias mesófitas aerobias: 103-105 UFC/g y Hongos: 101-102 UFC/g (Pardo et al., 2020). la abundancia de microorganismos en suelo puede variar por múltiples factores bióticos y abióticos.

La altitud y la profundidad en la cual fue tomada la muestra, nutrientes del suelo, contenido de humedad, pH y otros. La muestra de suelo de código "9" denominado como Bajo relieve presenta mayor abundancia de unidades formadoras de colonias bacterianas por gramo de suelo seco con respecto a la muestra de suelo de código "10" denominado Alto relieve. Comparando estos resultados con suelos en otros estudios, éstas presentan en promedio una abundancia 10 veces mayor La muestra de suelo de código "9" denominado como Bajo relieve y la muestra de suelo de código "10" denominado Alto relieve analizadas presentan similar número de hongos por gramo de suelo seco, comparando estos resultados de estos suelos con suelos de

árboles de palma presentan una abundancia 10 veces mayor. (Pane et al., 2022).

El grupo fungi y actinomicetos son conocidos por el rol que tienen en la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes en el suelo (Swift et al., 2024), sin embargo, estos dos grupos de microorganismos pueden tener preferencias distintas en cuanto al tipo de sustrato y las condiciones ambientales necesarias para su crecimiento y actividad (De Boer et al., 2005), mencionado por (Sales et al., 2024).

En relación con la determinación de los costos de producción, se debe destacar que, por cada 100 Kg de basura Orgánica, podemos obtener, un 14 % (14 Kg) de compost, obteniendo un B/C de 0,57 Bs/1 Bs invertido en Alto Relieve y 0,47 Bs con Bajo Relieve. La técnica de alto y bajo relieve nos permitió observar la textura y estructura del compost, se evaluó las áreas alto relieve más compacto y estable y menos avanzado bajo relieve, , se complementó la evaluación química y microbiológica para asegurar que el producto alcance estabilidad, madurez y calidad adecuada para su uso agrícola.(Tabla 4)

Tabla 4
Análisis de Beneficio y Costo

Técnica	Alto Relieve	Bajo Relieve
Egreso costos fijos y variables (Bs)	1859	2209
Producción (Kg)	106	105
Precio de Venta/Kg (Bs)	10	10
Ingreso (Bs)	1060	1050
B/C	0,57	0,47

Para Castillo (2015), durante el proceso de abonos orgánicos Bocashi, los insumos empleados redujeron su masa: material orgánico (159 Kg a 57,3 Kg), hojas de eucalipto (125 Kg a 41,6 Kg), residuos de cocina (117 Kg a 38 Kg), finalmente el humus de lombriz (5 kg a 3,8 Kg). Los parámetros evaluados porosidad, potasio, nitrógeno, materia orgánica, abono orgánico y fosforo nos indican el progreso del compostaje y la calidad del producto final.

Ambos métodos, donde se aplicó la técnica, está en función de la acción de variables climáticas y la composición inicial de los materiales orgánicos,

el compostaje de alto relieve es más adecuado para condiciones húmedas, permite un proceso bioquímicos más activo y rápido, mientras en de alto relieve es útil donde la humedad es limitada, coadyuvando a mantener el proceso de descomposición con mayor retención hídrica.

Conclusión

La técnica empleada, permite una observación detallada de la estatura física del compost, pudiendo identificar la madurez y estabilidad, el uso de residuos orgánicos al ser bien manejados, con el

uso de activadores biológicos permite mejorar el proceso y calidad del compost, los parámetros evaluados deben ser monitoreados para asegurar la calidad y que alcance las condiciones óptimas (cualitativas y cuantitativas) para el uso agrícola, al ser un producto bien evaluado, contribuye a la salud del suelo, mejorar las propiedades físicas químicas y aporta los nutrientes esenciales al suelo para satisfacer las necesidades de los cultivos, el análisis de los microorganismos del suelo es relevante para conocer la funcionalidad y aporte en los cultivos, las bacterias, mesófilos hongos y levaduras, promueven la fertilidad del suelo, su estructura la disponibilidad de nutrientes y la salud general del ecosistema agrícola.

El Compostaje en alto relieve implica un proceso más eficiente para la producción rápida de compost de buena calidad, considerando la mejor aireación y control ambiental, mientras que el de bajo relieve puede ser adecuado en condiciones específicas o donde el espacio es limitado, aunque, necesita mayor atención durante el proceso de descomposición anaeróbica. La elección entre ambas técnicas dependerá de factores como los insumos (volumen de materia orgánica) espacio disponible, condiciones climáticas y los recursos para el proceso, ambos procesos con un manejo adecuado contribuyen a la valorización de residuos orgánicos y mejoran la fertilidad del suelo, de esta forma se promueve prácticas agrícolas sostenibles.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, Espinoza Almazán J.G. (35%), Apaza Quispe O. (35%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Curación de datos*, Espinoza Almazán J.G. (35%), Apaza Quispe O. (35%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Análisis formal*, Espinoza Almazán J.G. (35%), Apaza Quispe O. (35%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Adquisición de fondos*, Espinoza Almazán J.G. (40%), Apaza Quispe O. (40%), Ronal Ruben Apaza H. (20%), *Investigación*, Espinoza Almazán J.G. (35%), Apaza Quispe O. (35%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Metodología*, Espinoza Almazán J.G. (35%), Apaza Quispe O. (30%), Ronal Ruben Apaza H. (35%), *Administración del proyecto*, Espinoza Almazán J.G. (40%), Apaza Quispe O. (30%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Recursos*, Espinoza Almazán J.G. (25%), Apaza Quispe O. (25%), Ronal Ruben

Apaza H. (50%), *Software*, Espinoza Almazán J.G. (35%), Apaza Quispe O. (35%), Ronal Ruben Apaza H. (30%); *Supervisión*, Espinoza Almazán J.G. (25%), Apaza Quispe O. (25%), Ronal Ruben Apaza H. (50%); *Validación*, Espinoza Almazán J.G. (40%), Apaza Quispe O. (30%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Visualización*, Espinoza Almazán J.G. (40%), Apaza Quispe O. (30%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Redacción – borrador original*, Espinoza Almazán J.G. (40%), Apaza Quispe O. (30%), Ronal Ruben Apaza H. (30%), *Redacción revisión y edición*, Espinoza Almazán J.G. (35%), Apaza Quispe O. (35%), Ronal Ruben Apaza H. (30%). *El aporte total normalizado de los autores fue de:* Espinoza Almazán J.G. (35.36%), Apaza Quispe O. (32.50%) y Ronal Ruben Apaza H. (32.14%).

Referencias

- Ahumada, C. E. (2005). *Evaluación de los efectos de la pluviometría en las pilas de compostaje* (Proyecto de título de Ingeniería Civil). Universidad del Bío-Bío. http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/2085/1/Ahumada_Mercado_Carlos_Eduardo.pdf
- Álvarez, M. (2008). *Plagas y enfermedades, agricultura orgánica, harina de rocas y la salud del suelo al alcance de todos*. Ediciones Albatros.
- Angulo-Cortés, J. P., García-Díaz, A., Pedroza, A. M., Martínez-Salgado, M. M., & Gutiérrez-Romero, V. (2012). Diseño de un medio para la producción de un co-cultivo de bacterias fosfato solubilizadoras con actividad fosfatasa. *SICI*, 17(1), 43–52. <https://doi.org/10.11144/javeriana.SC17-1.doac>
- Aubert, C. (1998). *El huerto biológico*. Editorial Integral.
- Binner, E. (2013). *Curso internacional de compostaje: Fundamentos y diseño de plantas de compostaje*. Lima. <https://forschung.boku.ac.at/en/researcher/BC8536367FFF860A>
- Cabrera, F., Madrid, F., & López, R. (2001). *Caracterización de los compost de residuos sólidos urbanos de la planta de Villarasa (Huelva)*. Mursia, España. Recuperado en agosto de 2024 de VEG1.vp (csic.es)

- Castillo Tarqui, O. (2015). *Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, bocashi y lumbrifert), elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de El Alto* [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6835/T-2189.pdf>
- Cedillo, L. T. (s.f.). *Elaboración de composta*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <https://idoc.pub/documents/elaboracion-de-composta-sagarpapdf-pnxke2wrv14v>
- Cegesti, M. B. (2012). *Agricultura orgánica: Solución de sostenibilidad*. Éxito Empresarial Cegesti. https://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_196_140512_es.pdf
- Chefetz, R., Hatcher, P. G., Hadar, Y., & Chen, Y. (1996). Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. *Environmental Quality*, 25(4), 776–785. <https://cris.huji.ac.il/en/publications/chemical-and-biological-characterization-of-organic-matter-during>
- Chilón, E. (2010). Compostaje altoandino, alimento al suelo vivo y cambio climático. *CienciaAgro*, 2(2). <http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rca/v2n2/v2n2a02.pdf>
- Chilón, E. (2015). Compostaje altoandino, seguridad alimentaria y cambio climático y biorremediación de suelos. *CienciaAgro*, 1(1). http://revistasbolivianas.umsa.bo/pdf/rca/v1n1/v1n1_a06.pdf
- Chilón Camacho, E. (2013). El compost altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climático. *CienciaAgro*, 2(4). http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4_a04.pdf
- Coleman, D. C., & Whitman, W. B. (2008). Linking species richness, biodiversity and ecosystem function in soil systems. *Pedobiologia*, 49, 479–497.
- De Boer, W., Folman, L., Summerbell, R., & Boddy, L. (2005). Living in a fungal world: Impact of fungi on soil bacterial niche development. *FEMS Microbiology Reviews*, 29(4), 795–811. <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2004.11.005>
- Delgado, M. (2008). *Los microorganismos del suelo y su rol indiscutible en la nutrición vegetal*. México. <http://www.oriusbiotecnologia.com/portal/content/view/14/7/>
- Fuentes, J. (2000). *Los residuos urbanos y asimilables*. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/temas/medio-ambiente/urbano/residuos.html>
- García, J. J. F. (2012). *Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: Evaluación comparativa de compost con separación de origen y sin separación de origen* [Trabajo de máster, Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://repositorio.upct.es/server/api/core/bitstreams/5339e341-0b86-4116-b871-c2dee98b7198/content>
- Gobierno Autónomo Municipal de Irupana (GAMI). (2024). *Gobierno Autónomo Municipal de Irupana*. La Paz, Bolivia.
- Gutiérrez, E. (2012). *Manejo de residuos orgánicos e inorgánicos*. <https://eduteka.icesi.edu.co/pro>
- Huaynoca, C. (2015). *Evaluación del comportamiento y producción de humus de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) bajo seis sustratos de alimentación, en la localidad de Coroico* [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés].
- Instituto Nacional de Estadística (INE). (2013). *Censo Agropecuario 2013*. <https://www.ine.gob.bo/index.php/publicaciones/censo-agropecuario-2013-bolivia/>
- Libreros, S. S. (2012). La caña de azúcar fuente de energía: Compostaje de residuos industriales en Colombia. *Tecnicaña*, 28, 13–14.
- Mamani, L. (2000). *Recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos para reducir la contaminación del medio ambiente de las*

- poblaciones del área rural [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés].
- Mollinedo Suntura, Z. (2009). *Determinación de la calidad de compost elaborado a partir de residuos orgánicos en el municipio de Puerto Carabuco, provincia Camacho* [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/5011/T-1335.pdf>
- Pane, R., Farrasati, R., Darlan, N., Rahutorno, S., Santoso, S., Ginting, E., & Hidayat, F. (2022). Study of soil bacteria and fungi population in oil palm with big hole planting system. *Berkala Penelitian Hayati*, 7. <https://www.berkalahayati.org/index.php/jurnal/article/view/596/510>
- Pardo Jenny, M. G., Rodríguez, M. M., & Santos Díaz, A. M. (2020). *Guía de muestreo de suelo para análisis microbiológico*. AGROSAVIA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/167/156/1141-1>
- Peña, T. (2002). *Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana* (p. 43). Cuba.
- Pérez. (2008). *Evaluación de los efectos de la aireación en pilas de compostaje de biosólidos* [Proyecto de título, Universidad del Bío-Bío].
- PTDI. (2022). *Plan de Desarrollo Municipal Irupana 2021–2025*. <https://www.gamirupana.gob.bo/plan-territorial-de-desarrollo-integral-para-vivir-bien-del-municipio-de-irupana-p-t-d-i-2021-2025>
- Puerta, E. (2004). *Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos*. La Sallista de Investigación. https://www.researchgate.net/publication/26612771_Los_residuos_solidos_municipales_como_acondicionadores_de_suelos
- Rivera, M., Ferrera, R., Voike, V., Fernández, L., & Rodríguez, L. (2002). Poblaciones microbianas
- Sales, O. G., Aguirre, E. C., Cerna, C. A., Ortega, S. D. S., Pérez, H. V. E., & Aguilar Carazas, N. W. (2024). Análisis de microorganismos funcionales y su relación con parámetros físicoquímicos del suelo en un bosque reservado. *Scielo Perú*, 13. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2414-10462024000100019
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2023). Inicio. <https://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>
- Swift, M., Michael, J., Heal, O., Anderson, J., & Jonathan, M. (2024). Decomposition in terrestrial ecosystems. In *Studies in Ecology* (Vol. 13).
- Suzuki, C. (2009). Bacterial communities are more dependent on soil type than fertilizer type, but the reverse is true for fungal communities. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55, 80–90.
- Waksman, S. A. (1922). A method for counting the number of fungi in the soil. *Journal of Bacteriology*, 2, 339–341. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16558961>

