

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Y RECURSOS NATURALES



Tesis

**Efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por
la población del distrito de Saylla – Cusco 2024**

Asesor:

Mg. Hanco Loayza Helidia

Autora:

Ortiz Cruz, Yeny Flor

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero(a) Ambiental

Cusco – Cusco – Perú

2025



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

Acta N°: 014

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Cusco, a los 21 días del mes de noviembre del año 2025, siendo las 11:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Sub Directoral N° 163-2025-UTEA-FI-EPIARN-SD de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales, Facultad de Ingeniería

Presidente	: Mg. Pozo Gonzales José Salustio
Dictaminante	: Mg. Escobar Candía Yesenia
Replicante	: Mg. Condori Cahuapaza José Noel

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla – Cusco 2024

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Bach: Ortiz Cruz, Yeny Flor

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero (a) Ambiental

Concluido el acto de Sustentación, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Bach: Ortiz Cruz, Yeny Flor	Aprobado

Siendo las 12:45 pm horas concluyó el Acto Académico, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mg. Pozo Gonzales José Salustio

Dictaminante: Mg. Escobar Candía Yesenia

Replicante: Mg. Condori Cahuapaza José Noel

(*) Mayoría: Dos integrantes del Jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del Jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.




15% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 11%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

Metadatos

Datos del Autor		
Apellidos y nombres	:	Ortiz Cruz, Yeny Flor
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	74764270
URL ORCID	:	https://orcid.org/0009-0004-6172-7657
Datos del Asesor		
Apellidos y nombres	:	Hanco Loayza Helidia
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	23947122
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0002-1928-5013
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales
Línea de Investigación	:	Calidad Ambiental
Rango de años en que se realizó la investigación	:	Diciembre 2024 – noviembre 2025
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	:	15%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01

Dedicatoria

A Dios padre, por darme la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera profesional, por darme fortaleza, amor, ánimos y levantarme frente a las adversidades que da la vida.

A mis queridos padres Vicente Ortiz Rojas y Balvina Cruz Guisado por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por inculcarme grandes valores que me han acompañado durante el transcurso de mi vida, por su gran apoyo y sacrificio dedico a ustedes con amor cada éxito.

A mi hermana Esthefani, por estar presente así como darme su apoyo incondicional, su perseverancia y esfuerzo de salir adelante, ha sido mi respaldo en cada etapa de este proceso.

A mi compañero de vida Franklin Ttito Rumacca, por estar siempre presente y tener fe en mí ya que fue uno de los impulsos que necesitaba para no rendirme durante todo este proceso.

Agradecimiento

Agradezco a mi asesor de tesis Mg. Helidia Hanco Loayza, por su valiosa asesoría así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de esta presente investigación.

Mi agradecimiento también va dirigido a mi dictaminante Mg. Yesenia Escobar Candía, quien me guio durante el proceso de investigación.

A los funcionarios públicos de la municipalidad del distrito de Saylla, por brindarme la comodidad de realizar mi trabajo de investigación en su local de elaboración de compost.

Resumen

El estudio tuvo como propósito evaluar el efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla – Cusco 2024; donde se identificó una problemática ambiental por la mala disposición final de los residuos orgánicos, de esta manera afectando al medio ambiente y salud de las personas. Esta investigación posee una metodología de diseño experimental, enfoque cuantitativo, tipo aplicada y nivel explicativo; se tomaron como muestra 50 kg de residuos orgánicos por 12 camas, para obtener compost se realizó la fermentación de los residuos, cuidando los parámetros de temperatura, humedad y pH según la Norma Técnica Peruana 201.208.2021. El proceso de descomposición duro 3 meses, obteniendo 12.3 kg d, 8.6 Kg, 7.9Kg y 7.2 Kg de compost (con un volumen de 0 L, 0.5 L, 1 L y 1.5 L de melaza). Teniendo como resultado 1.7 % de nitrógeno (N), 1.20 % de fósforo (P) y 3.6 % de potasio (K). En relación a la temperatura, con un volumen de 1.5L melaza se obtuvo una temperatura de 43 °C. De acuerdo al estudio realizado se concluyó que la melaza tiene un efecto significativo para la elaboración de compost, obteniendo en menor tiempo y con una adecuada calidad del producto de N, P y K además de obtener mayor temperatura durante el proceso de compostaje; por esta razón, se recomienda el uso de melaza para este proceso y tomar en consideración los datos obtenidos para futuras investigaciones.

Palabras clave: Melaza, descomposición de residuos orgánicos, compost.

Abstract

The purpose of the study was to evaluate the effect of molasses on the composting process of organic waste generated by the population of the district of Saylla – Cusco 2024; where an environmental problem was identified due to the poor final disposal of organic waste, thus affecting the environment and people's health. This research has an experimental design methodology, quantitative approach, applied type and explanatory level; 50 kg of organic waste were taken as a sample for 12 beds, to obtain compost, the fermentation of the waste was carried out, taking care of the temperature, humidity and pH parameters according to the Peruvian Technical Standard 201.208.2021. The decomposition process lasted 3 months, obtaining 12.3 kg d, 8.6 kg, 7.9 kg and 7.2 kg of compost (with a volume of 0 L, 0.5 L, 1 L and 1.5 L of molasses). Resulting in 1.7% nitrogen (N), 1.20% phosphorus (P) and 3.6% potassium (K). In relation to temperature, with a volume of 1.5L molasses a temperature of 43 °C was obtained. According to the study carried out, it was concluded that molasses has a significant effect for the production of compost, obtaining N, P and K in less time and with an adequate quality of the product, in addition to obtaining a higher temperature during the composting process; For this reason, it is recommended to use molasses for this process and take into consideration the data obtained for future research.

Keywords: Molasses, decomposition of organic matter, compost

Índice

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Índice	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xiii
Índice de Anexos	xv
I. Introducción	16
II. Planteamiento del problema	20
2.1. Descripción y formulación del problema	20
2.2. Objetivos.....	23
2.2.1. Objetivo General.....	23
2.2.2. Objetivos Específicos	23
2.3. Justificación e importancia	24
2.4. Hipótesis	25
2.5. Variables.....	26

III. Marco teórico	27
2.6. Antecedentes.....	27
2.7. Bases teóricas	32
2.8. Definición de términos	42
IV. Metodología.....	44
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	44
4.2. Ámbito temporal y espacial.....	45
4.3. Población y muestra	45
4.4. Instrumentos	46
4.5. Procedimientos	46
4.6. Análisis de datos.....	60
4.7. Consideraciones éticas.....	61
V. Resultados y discusión.....	62
VI. Conclusión	91
VII. Recomendaciones.....	93
VIII. Referencias	95
IX. Anexos.....	102

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de operacionalización de variables	26
Tabla 2 Composición de melaza de caña.....	33
Tabla 3 Norma técnica peruana para compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales.....	37
Tabla 4 Formación de camas	52
Tabla 5 Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost sin melaza	67
Tabla 6 Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost con 0.5 litros de melaza.	68
Tabla 7 Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost con 1 litro de melaza	69
Tabla 8 Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost con 1.5 litros de melaza.	71
Tabla 9 Masa por mes del proceso de compostaje	72
Tabla 10 Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov).....	73
Tabla 11 Verificación del Supuesto de Igualdad de Varianzas (Estadístico de LEVENE).	73
Tabla 12 ANOVA del volumen de la descompensación de material orgánico	74
Tabla 13 Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov).....	78
Tabla 14 Verificación del Supuesto de Igualdad de Varianzas (Estadístico de LEVENE)	78
Tabla 15 Verificación del estadístico de Welch para el Nitrógeno	79
Tabla 16 Comparaciones múltiples para el Nitrógeno	80
Tabla 17 Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov).....	81
Tabla 18 Verificación del supuesto de igualdad de varianzas (Estadístico de LEVENE) .	82
Tabla 19 Detección de Diferencias Significativas en el Contenido de Fósforo	82

Tabla 20 Comparaciones múltiples para el fósforo	83
Tabla 21 Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov)	84
Tabla 22 Verificación del supuesto de igualdad de varianzas (Estadístico de LEVENE) .	84
Tabla 23 Detección de diferencias significativas en el contenido de Potasio	85
Tabla 24 Comparaciones múltiples para el potasio	85

Índice de figuras

Figura 1 Aparición de hongos en la etapa mesófila II.....	39
Figura 2 Temperatura, tiempo y pH en las etapas del compostaje.....	39
Figura 3 Distrito de Saylla.....	46
Figura 4 Lugar de la planta de compostaje.....	47
Figura 5 Dimensiones de las camas de compostaje.....	47
Figura 6 Acondicionamiento de espacio para el compostaje	49
Figura 7 Recolección de residuos orgánicos	50
Figura 8 Transporte de residuos orgánicos.....	50
Figura 9 Selección de residuos orgánicos	51
Figura 10 Formación de camas	52
Figura 11 Control de temperatura y humedad.....	53
Figura 12 Control de pH.....	54
Figura 13 Volteo de camas	55
Figura 14 Riego de camas	56
Figura 15 Aparición de lombrices y gusanos durante el proceso de compostaje.....	57
Figura 16 Tamizado de compost	58
Figura 17 Envasado de compost.....	59
Figura 18 Transporte del compost a laboratorio.....	60
Figura 19 Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost sin melaza.....	62
Figura 20 Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost con 0.5 litros de melaza.....	63
Figura 21 Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost con 1 litro de melaza	63

Figura 22 Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost con 1.5 litros de melaza.....	64
Figura 23 Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost sin melaza.....	65
Figura 24 Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost con 0.5 litros de melaza.....	65
Figura 25 Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost con 1 litro de melaza	66
Figura 26 Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost con 1.5 litro de melaza	66
Figura 27 Monitorización del PH del compost mediante grafico de control sin melaza ..	68
Figura 28 Monitorización del PH del compost mediante grafico de control con 0.5 litros de melaza	69
Figura 29 Monitorización del PH del compost mediante grafico de control con 1 litro de melaza.....	70
Figura 30 Monitorización del PH del compost mediante grafico de control con 1.5 litros de melaza	71
Figura 31 Comportamiento del volumen de compost con 0 litros de melaza	75
Figura 32 Comportamiento del volumen de compost con 0.5 litros de melaza	75
Figura 33 Comportamiento del volumen de compost con 1 litro de melaza.....	76
Figura 34 Comportamiento del volumen de compost con 1.5 litros de melaza	76
Figura 35 Comportamiento del volumen de compost durante todo el proceso.....	77
Figura 36 Comportamiento del nitrógeno en función al volumen de melaza	80
Figura 38 Comportamiento del potasio en función al volumen de melaza	86

Índice de Anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia	103
Anexo 2 Validación de instrumentos	105
Anexo 3 Ficha de observación lleno y vacío.....	107
Anexo 4 Resultados de laboratorio de N, P y K del compost obtenido	112
Anexo 5 Certificado del laboratorio por INACAL	148
Anexo 6 Certificado del laboratorio por IAS	149
Anexo 7 Reconocimiento del laboratorio por INACAL	150
Anexo 8 Solicitud para el estudio de caracterización de Saylla.....	151
Anexo 9 Resolución del estudio de caracterización de residuos sólidos 2023	152
Anexo 10 Análisis del agua utilizada para el proceso de compostaje.....	158
Anexo 11 Equipos utilizados en el proceso de compostaje	164
Anexo 12 Trabajo en campo	165

I. Introducción

La generación de residuos urbanos a nivel mundial para el año 2023 es de 2.300 millones de toneladas por lo que se estima para el 2050 llegar a 3.800 millones de toneladas, donde el costo para la gestión de estos residuos asciende a 252.000 millones de dólares, pero si se considera los gastos que genera la contaminación, insalubridad y el cambio climático por la mala gestión de los residuos sólidos su costo sería de 361.000 millones de dólares (Organización de las Naciones Unidas, 2024). A pesar que los residuos sólidos urbanos son reciclados solo representa el 19 %, como los metales, vidrios, papel, cartón, plásticos y residuos biodegradables aprovechados mediante el compostaje de esta manera minimizando el impacto ambiental y evitando de cierta manera a contaminación. (Revista Tecnica de Medio Ambiente, 2024). La contaminación por residuos sólidos es un problema que se viene dando a lo largo del tiempo, dado que en la actualidad los residuos sólidos se vienen mitigando su aglomeración en botaderos; muchas veces no se llega a disponer en su totalidad por la excesiva generación de estos residuos, ocasionando la contaminación ambiental y a su vez afectando indirectamente a los seres humanos con el cambio climático, calentamiento global, enfermedades, entre otras cosas.

En el Perú aun los avances en relación a reciclaje se siguen viendo el desafío que se tiene con la gestión de residuos sólidos según los datos del ministerio del ambiente (MINAM) a diario se genera aproximadamente 23 mil toneladas de residuos de las cuales se podrían reciclar el 78% pero sin embargo apenas el 1.8% se logran reciclar. (InfoRegión, 2025).

El botadero de Jaquira de la región del Cusco viene afrontando más de 20 años una situación sanitaria y ambiental critica donde diariamente desde el año 2022 estuvo recibiendo acerca de 400 toneladas de residuos sólidos provenientes de varios distritos de la región, afectando a una población mayor a 450 mil habitantes; durante estas dos decadas el

botadero de Jaquira que tiene un área de 5 a 6 hectáreas acumuló más de dos millones de toneladas de basura hasta provocar una sobre saturación impactando negativamente al agua, suelo y así mismo a la calidad del aire, generando por su descomposición gases tóxicos, malos olores y lixiviados en el suelo, causando enfermedades gastrointestinales, respiratorias y dérmicas en lugares aledaños a la zona (Quispehuanca, 2025).

El interés de obtener compost mediante la adición de melaza surgió a partir de la valorización que se le puede dar a los residuos orgánicos y mitigar la contaminación en el distrito de Saylla ya que no es ajeno a la problemática que se viene afrontando en el mundo por la mala disposición de los residuos orgánicos. El compost recae en dos importantes aspectos; primero la generación de nutrientes en donde las plantas son beneficiadas y pueden desarrollarse adecuadamente ya que aportan elementos esenciales provenientes de un proceso de mineralización, segundo aporta la formación de sustancias húmicas donde son fundamentales para mejorar las condiciones estructurales y fertilidad del suelo (Florensa & Martínez, 1991), así mismo minimizamos la contaminación ambiental con el aprovechamiento de estos residuos orgánicos.

Actualmente la municipalidad distrital de Saylla cuenta con una planta de compostaje, donde se vienen valorizando los residuos orgánicos y obteniendo compost en un periodo aproximado de 6 meses, una vez obtenida el abono natural se realizan diferentes actividades como son los eco trueques, sensibilizaciones, campañas entre otros. Si las diferentes municipalidades destinaran los residuos orgánicos a plantas de compostaje para la producción de compost y no a botaderos se lograría reducir las emisiones de efecto invernadero (GEI); donde por cada tonelada de residuo orgánico valorizado en plantas de compostaje se logra reducir un equivalente de 180 kg CO₂ (dióxido de carbono) de esta manera ayuda a reducir el calentamiento global (Ministerio del Ambiente Perú, 2020).

Se sabe que los residuos sólidos no valorizados pueden causar problemas de alto grado afectando al medio ambiente, la calidad y salud de las personas, por lo que el uso de melaza en la descomposición de residuos orgánicos puede ser una de las soluciones a minimizar la contaminación ambiental; investigaciones muestran que la melaza acelera el proceso de compostaje dando a los microorganismos energía para la rápida degradación de los carbohidratos (Sanclemente, García, & Valencia, 2011), teniendo en consideración esta información el presente estudio busca evaluar el efecto de la melaza en el proceso de compostaje para poder usarla de manera más afectiva y con el fin de aportar soluciones para mitigar la contaminación ambiental generados por los residuos orgánicos.

La presente tesis se desarrolla en función a los siguientes capítulos:

Ítem I y II, se aborda identificando el problema de la investigación, posteriormente se plantea los objetivos y la estructura general del estudio.

Ítem III, se desarrolla el marco teórico proporcionando una base sólida a esta investigación. Así mismo se investigan conceptos clave sobre el efecto de la melaza en el proceso de compostaje, desarrollando estudios previos e importantes de temas idénticos, para la comprensión de los resultados obtenidos.

Ítem IV, se detalla la metodología de investigación analizando información de manera rigurosa, objetiva y confiable en el presente estudio; dando a conocer los procedimientos del diseño, muestreo, recolección y análisis de datos para el efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos para luego dar a conocer los resultados.

Ítem V, los resultados se obtienen a base de la metodología donde se evalúan los datos obtenidos y se debaten los descubrimientos en lo acontece el efecto de la melaza en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos.

Ítem VI y VII, en la conclusión del presente estudio se da a conocer el impacto de los objetivos establecidos de acuerdo a los resultados obtenidos, así mismo se recomienda sobre el estudio realizado para futuras investigaciones.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

La problemática de los residuos sólidos municipales representa uno de los desafíos más urgentes en el medio ambiente a nivel global; si no se toman medidas urgentes, para 2050 los desechos a nivel mundial crecerán en un 70 % con respecto a los niveles actuales (BancoMundial, 2018). Estas malas prácticas no sólo conllevan riesgos de contaminación del aire, suelo o agua, sino que también se desaprovecha una valiosa oportunidad para la conversión de desechos en recursos orgánicos (Larrea, Ilizarbe, Mallqui, Callirgos, & Alvarado, 2025).

Así mismo el compostaje se define como la degradación de material orgánico y así obteniendo un abono natural para las plantas. La elaboración de compost es de suma importancia puesto que la basura generada por los hogares tiene un alto contenido de material orgánico representando un alrededor del 50%, esta práctica de valorizar el material orgánico y no disponer botaderos efectúa que tengan un uso más prolongado; conteniendo en menor medida el material orgánico, además de mitigar el cambio climático. Considerando esto, nace el Reciclo Orgánicos con la participación del Ministerio del Medio Ambiente de Chile y el Ministerio de Medio Ambiente y Cambio Climático de Canadá, teniendo como finalidad utilizar los desechos de material orgánico en plantas de compostaje (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

El Banco Mundial en el 2018 señaló que solo el 5.5% de los residuos son aprovechados para la elaboración de compost; en cuanto al reporte se asegura que el compost doméstico puede recuperar hasta 150 kg de desechos de material orgánico generados por vivienda (Ministerio del Medio Ambiente, 2018).

El Ministerio del Ambiente del Perú menciona que en el 2024 los residuos sólidos municipales alcanzaron a 8,450.715 toneladas y de toda esta cantidad generada 6,559.570

toneladas son residuos orgánicos. A pesar de que todo este material tiene una inmensa capacidad de ser aprovechado y valorizado, solo el 1% fueron compostados según la (Sociedad de Comercio Exterior del Perú, 2022). Se debe entender que los residuos orgánicos no aprovechados pueden causar problemas a la salud de las personas, al desarrollo económico, y así mismo al medio ambiente. Entendiendo los problemas que genera los residuos municipales; se observa en la actualidad que Perú no se tiene una buena educación ambiental, sin embargo, se trata de aprovechar los residuos orgánicos con la finalidad de elaborar compost para fertilizar las plantaciones de diferentes lugares así como son parques, plazas, calles, avenidas, entre otros; pero no son aprovechados en su totalidad. (Sociedad de Comercio Exterior del Perú, 2022).

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en el año 2015 Cusco se encontraba entre las 5 ciudades que más genera contaminación en el Perú, por la mala gestión de residuos orgánicos e inorgánico, viéndose afectados lugares turístico, así como el centro histórico (Vargas, 2018). El presente trabajo busca dar solución a los residuos orgánicos, donde se obtendrá un abono natural (compost) para el distrito de Saylla, enfocando el tratamiento con la adición de melaza para su elaboración; al mismo tiempo motivar la elaboración de compost; para reducir la inadecuada disposición final de los residuos orgánicos generados en el distrito además de mitigar el cambio climático.

En el distrito de Saylla la generación de residuos sólidos municipales en el año 2023 equivale a 5.96 Tm/día, donde el porcentaje de los residuos sólidos orgánicos representan el 58.63 % ; así mismo, la generación de residuos sólidos de los establecimientos comerciales es de 90.76 kg/día, la generación de restaurantes es de 4.31 Kg/restaurantes/día, la generación de instituciones públicas y privadas es de 3.59 Kg/institución/día, la generación de residuos en hoteles es de 3.63 Kg/hotel/día, la generación de residuos sólidos en Instituciones Educativas es de 64.71 kg/ día, la generación de residuos sólidos en mercados

es de 1.20 kg/puesto/ día y la generación total de residuos en el mercado es de 4.81 kg/ día, la generación en barrido de calles es de 99.97 kg/día (Municipalidad Distrital de Saylla, 2023); los residuos orgánicos generados por la población vienen siendo recolectados de manera continua pero no son aprovechados en su totalidad; esta problemática se presenta debido a la falta de educación ambiental a la población, así como también no cuenta con un amplio espacio para realizar el proceso de compostaje debido a la cantidad de residuos orgánicos que se vienen generando hasta la fecha, llevando a cabo la disposición final de estos residuos. Si esta situación continua, estos residuos seguirán siendo vertidos al botadero de Haqira de la provincia del Cusco sin ser valorizados, por lo que seguirá afectando la salud de las personas y la contaminación al medio ambiente. En este estudio se pretende saber el efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos, con la única finalidad de que los residuos aprovechables sean valorizados en un corto plazo para así ayudar a minimizar la contaminación ambiental generados por los residuos sólidos municipales.

2.1.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024?

2.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el volumen óptimo de melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024?
- ¿Cuál es el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos con la adición de melaza durante el proceso de compostaje en el distrito de Saylla-Cusco 2024?

- ¿Cuál es la calidad nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio(K) del producto obtenido con la adición de melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024?
- ¿Cuál es la temperatura obtenida con la adición de melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024.

2.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar el volumen óptimo de melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024.
- Determinar el tiempo de descomposición de residuos orgánicos con la adición de melaza durante el proceso de compostaje en el distrito de Saylla-Cusco 2024.
- Determinar la calidad del nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio(K) en el compost obtenido mediante la adición melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024.
- Determinar la temperatura obtenida con la adición de melaza en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024

2.3. Justificación e importancia

La contaminación por residuos orgánicos es uno de los problemas ambientales más eminentes; hoy en día a causa de la carencia de aprovechamiento en la mayor parte de las regiones del Perú no se tiene un adecuado manejo de estos residuos, muchas veces son destinados inadecuadamente o no son dispuestos en su totalidad a botaderos, provocando efectos negativos como la propagación de enfermedades infecciosas, contaminación al agua, aire, suelo, entre otros. En este contexto valorizar los residuos orgánicos mediante el uso de melaza no solo nos ayudara a minimizar la contaminación ambiental, sino que también es una manera de poder elaborar abonos naturales mediante la descomposición de estos residuos que luego pueden ser aprovechados de diversas maneras, además al realizar la valorización de estos residuos hacemos que los botaderos tengan un uso más prolongado para la disposición final de otros residuos no aprovechables.

En esta investigación es importante evaluar el efecto de la melaza para el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla, siendo la melaza un acelerador para la descomposición de residuos orgánicos. El distrito de Saylla en la actualidad cuenta con un espacio limitado para su elaboración de compost por lo que su recolección cuenta con grandes volúmenes de residuos orgánicos; el tiempo que toma la descomposición de dichos residuos en el distrito es un aproximado de 6 meses y con el uso de melaza se pretende obtener un compost en un menor tiempo para que de esta manera se disponga espacios para las próximas descomposiciones de residuos orgánicos

La obtención de compost no solo ayuda a mitigar la contaminación ambiental, también beneficia como un aspecto económico, por la generación de ingresos y la reducción de costos al obtener abono natural y reemplazar los fertilizantes químicos que normalmente son usados; ambientalmente con la valorización de los residuos orgánicos se puede combatir la emisión de gases de efecto invernadero, así mismo, la conservación del agua en el suelo

y mejorar su calidad nutricional por las propiedades que obtiene el compost; en cuanto a lo social se llega a fomentar la participación de la población mediante sensibilizaciones, charlas y entre otras actividades. La investigación otorga un aporte significativo con el uso de melaza haciendo que la materia orgánica se degrade de mejor manera y obtener en un corto plazo por la proliferación de microorganismos que generan durante el proceso de compostaje; estos conocimientos sirven de mucha información para futuras investigaciones así como ayuda a la municipalidad distrital de Saylla a gestionar los residuos de mejor manera.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

El efecto de la adición de melaza mejora significativamente el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024

2.4.2. Hipótesis Específicos

- El volumen óptimo de melaza tiene efecto significativo en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024.
- Tiene efecto significativo el tiempo de descomposición de los residuos orgánicos con la adición de melaza durante el proceso de compostaje en el distrito de Saylla-Cusco 2024.
- Tendrá relación significativa la calidad del nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio(K) en el producto obtenido con la adición de melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024.
- Tendrá relación significativa la temperatura obtenida con la adición de melaza en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla-Cusco 2024

2.5. Variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente melaza	Es una fuente primordial de energía para el proceso de fermentación de abonos orgánicos, la melaza ocasiona la proliferación de la actividad microbiana, tiene un buen contenido de potasio, calcio y magnesio, además de contener micronutrientes esencialmente boro (Restrepo, 2001).	Para verificar la degradación de la materia orgánica se utilizarán diferentes volúmenes de melaza por cada 50 kg de residuo orgánico a degradar. Las investigaciones demuestran que la melaza acelera la descomposición de materia orgánica, una vez consumida los carbohidratos la degradación de este material orgánico disminuye (Sanclémente et al, 2011).	Volumen de la melaza	0L-0.5L-1L-1.5L 4L-3.5L-3L-2.5L	Litros Litros
			Cantidad de agua incorporada		
Variable dependiente Compost	Degradación de la mezcla de variedad de material orgánico en una condición aeróbica con la finalidad de obtener un material rico en nutrientes, además de que mejoran las condiciones estructurales del suelo (Román et al., 2013)	Las características del compost para uso municipal, están establecidas en la Norma Técnica Peruana NTP (Norma técnica peruana, 2021).	Parámetros de campo	Humedad PH Temperatura	35 % - 50% 6.5 - 8.5 °C
			Calidad del producto obtenido	Nitrógeno, fósforo y potasio (según la NTP)	%
			Tiempo de descomposición		Menos a 6 meses meses

III. Marco teórico

2.6. Antecedentes

A Nivel Internacional

Álvarez y otros (2021), en su investigación denominada “Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost” (Ecuador), su propósito fue verificar el impacto que poseen las sustancias azucaradas en la elaboración de compost; siendo un trabajo de diseño experimental. La muestra contenía 50% de restos de maíz, 30% excretas de vacunos, 10% desechos de leguminosas, 9% de tierra y 1% de cenizas; el contenido tenía una masa de 45.43 kg y durante el proceso de compostaje se llegaba a voltear cada semana. Los azúcares utilizados fueron melaza, azúcar, jugo de caña y otra sin azúcares; para el tratamiento de melaza utilizó 500ml/L de agua, teniendo como mejor resultado con melaza donde la pérdida de masa fue de 10.8 kg en 56 días, pero no hubo diferencias significativas en la calidad del producto. En relación al tiempo de descomposición, el compost sin azúcar se descompuso en 62 días, mientras que con melaza fue en 56 días. Concluyendo que se sugiere el uso de melaza para la elaboración de compost.

Chávez & Tréboles (2023), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación de la eficiencia del proceso de compostaje a partir de diferentes tamaños de residuos orgánicos, como alternativa de manejo de desechos de la actividad florícola, Cayambe, 2022” (Ecuador), tuvo como finalidad verificar el proceso que sufre al elaborar el compost según el tamaño de los residuos orgánicos. Su metodología fue de tipo experimental, donde la muestra con mejores resultados en relación a la pérdida de volumen contenía: 30 kg de tallo y hoja de rosas, 40 kg de tierra negra y 27 kg de estiércol bovino donde los mejores resultados se obtuvieron con los tamaños de 2 cm, 10 cm y 18 cm de material residual orgánico, por lo que el volumen inicial fue de 0.6 m³ y finalizando el compost con 0.2 m³ aproximadamente; el compost se obtuvo en 11 semanas aproximadamente en los tres casos, teniendo en cuenta

que se tuvo 8 tratamientos con diferentes tamaños. Concluyendo que el tamaño reducido al inicio del proceso es muy importante para obtener una mejor degradación y en menor tiempo.

Tsukanka (2023), en su trabajo de tesis titulado “Compostaje de residuos de piña, caña y plátano con aplicación de microorganismos benéficos, en la finca “Doña Luisa” Cantón Gualaquiza” (Ecuador), cuya finalidad fue obtener compost a partir de la mezcla de piña, caña y plátano, utilizando para ello microorganismos benéficos. La metodología tiene un diseño experimental. Utilizó 200 kg de bagazo de caña, 200 kg de hojas de plátano y 643,9 kg de hojas de piña; se hicieron dos tipos de tratamiento con y sin adición de microorganismos, dando como mejor resultado el tratamiento uno (T1) donde se utilizó 3000 ml de MB, teniendo como calidad del producto del compost 2.2 % de nitrógeno total, 1.12 % Fosforo (P) y 1.12 % Potasio (K), además de que la masa se redujo en un 23.53% en 17 semanas, en relación a la temperatura la primera semana empezó con 30.50 °C alcanzando una máxima temperatura a la tercera semana de 40.86 °C y teniendo una temperatura final luego de 17 semanas de 19.29 °C.

Pasqualotto (2022), según su trabajo de investigación “Caracterización y aprovechamiento de residuos orgánicos de bodega: compostaje y obtención de enmienda para uso agrícola” (Argentina), tuvo como finalidad obtener compost a partir de residuos de bodega. La investigación fue de tipo experimental donde utilizo 48.83 % de orujo fresco y escobajo, 65.4 % hojas secas, 25.77 % de guano y 19.3 % pasto seco así mismo contribuyéndole con nutriente e inoculados para los microorganismos; su volumen inicial fue de 2100 m³ aproximadamente, equivalente a 582 T (T: toneladas) de masa, la etapa termófila alcanzo a una máxima temperatura de 68.1 °C teniendo una temperatura final en un rango de 45 y 55°C. Luego de la obtención de compost se vio una pérdida de masa a 330 T en aproximadamente 4 meses y medio, verificándose su buena capacidad de descomposición.

Callizaya (2019), en su trabajo titulado “Elaboración de compost acelerado utilizando cuatro activadores en la localidad de Carabuco” (Bolivia), tuvo como finalidad obtener compost verificando 4 activadores para su elaboración. Su metodología tuvo un diseño de tipo experimental, la muestra contenía 75% de restos de papa, cebolla, haba, entre otros representando y el 25% estiércol, siendo en volumen 1m³, se aplicó tratamiento donde los mejores resultados en relación al tiempo de maduración del compost fue con el activador bocashi lográndose en 43 días, mientras que con el uso de levadura se logró en 75 días.

A Nivel Nacional

Reyes (2022), en su investigación “Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos - provincia de Chupaca 2021” (Huancayo), su objetivo principal fue obtener compost a partir de residuos sólidos. Utilizó un diseño experimental; para la elaboración de compost se empleó como muestra el material orgánico obtenido del mismo botadero de la provincia de Chupaca: 6 kg de residuos orgánicos sólidos, con 3 kg de excreta de vaca y 1 kg de aserrín, el recipiente que lo contenía tuvo orificios para su oxigenación, los residuos fueron triturados a 0 mm (control), 15 mm, 25 mm y 35 mm, donde los resultados muestran la obtención de compost en 16, 18, 19 y 17 días respectivamente.

Carhuapoma (2019), en su investigación “Influencia del tamaño de partícula con agregado de estiércol en el tiempo de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos generados en Sama las Yaras, departamento de Tacna” (Tacna), tuvo como finalidad obtener compost a diferentes tamaños de residuos sólidos urbanos más estiércol. Su investigación tenía un diseño experimental, usando como muestra los residuos orgánicos, obtenidos de la ciudad de Tacna; en la que se compostaron de tres formas: la primera se desmenuzó los residuos orgánicos más la adición de estiércol, la segunda solo fue desmenuzada residuos orgánicos y en la tercera solo se añadió el estiércol que fueron triturados entre 5 a 7 cm. Concluyendo que el mejor resultado fue el primer tratamiento

donde el tiempo de maduración duro 68 días, en relación al segundo y tercero que fueron de 87 y 102 días.

Meza (2019), en su investigación “Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabayllo, 2019” (Lima), el objetivo era determinar si los microorganismos eficientes mejoran la aceleración de la biodegradación de los residuos sólidos orgánicos. Teniendo como metodología un diseño experimental. Su muestra contenía 88 kg de residuos sólidos orgánicos, donde el mejor resultado fue con el preparado de restos orgánicos sólidos 12.3kg, excreta de cerdo 9.7 kg con EM 4L (el preparado de EM microorganismos eficientes contenía 1L de EM, 1L de melaza con 18L de agua), siendo el tiempo de descomposición 30 días, obteniendo un producto de buena calidad, en este periodo la temperatura máxima alcanzada fue de 46.5 °C y con temperatura final 34.65 °C.

Paredes & Trigozo (2022), en su investigación “Microorganismos eficientes en la producción de compost con residuos orgánicos domiciliarios, Banda de Shilcayo – 2022” (Tarapoto), cuya finalidad fue obtener compost utilizando organismos benéficos a partir de restos orgánicos de procedencia doméstica. Su investigación tenía un diseño experimental. Se utilizó como muestra los residuos orgánicos recolectados en el área de segregación de la municipalidad distrital de Morales. Se hicieron 4 tipos de compost, todas con 15 kg de residuos domiciliarios sólidos, donde se diferenció con el contenido de microorganismos eficaces (la solución de microorganismos eficaces contenía 1 litro de melaza, 1 litro de microorganismos eficaces con 18 litros de agua) que fue con 0 L, 2 L, 3 L y 4 L de solución de microorganismos eficaces (EM), del compost obtenido se tomó una muestra a los 52 días donde los resultados mostraron que a mayor contenido de microorganismos eficaces (EM) es decir con 4L se obtuvo el mejor resultado, siendo el tratamiento sin microorganismos eficaces (EM) el menos óptimo de ellas.

Vidal (2023), en su trabajo “Microorganismos eficientes en la descomposición de residuos sólidos orgánicos y obtención de compost en Castillo Grande, Perú” (Tingo Maria), que tuvo como finalidad obtener compost utilizando organismos eficientes para la degradación de restos orgánicos sólidos. Se utilizó una metodología con diseño experimental donde la muestra fueron residuos orgánicos recolectados de las casas y restaurantes del distrito Castillo Grande. La investigación consistía en mezclar estos residuos de materia orgánica con T1 = hojarasca (hojas secas en descomposición), T2 = madera descompuesta o T3 = raíces, mencionando que cada tratamiento tiene sus microorganismos con capacidades descomponedores, donde se preparó una solución con 10 kg de T1, 5 litros de melaza de caña y de 5 a 6 kg de polvillo de arroz, para luego ser parte de la mezcla con los residuos de la materia orgánica y así con los demás tratamientos, dando como resultado con mayor eficiencia de descomposición con el tratamiento T1 en 39 a 40 días, en relación a la temperatura llegó a 60 °C como máximo a la tercera semana con el tratamiento T3 con una temperatura final de 33.6 °C a la sexta semana.

A Nivel Regional y Local

Moller & Surco (2022), el trabajo de “Contenedor ecológico para la generación de compost en la institución educativa Emancipación Americana - Tinta, Cusco, 2022”, tuvo como objetivo evaluar el contenedor ecológico para la elaboración de compost. La metodología de investigación es de un diseño experimental. El material orgánico se obtuvo de la institución de la cual se tomó una muestra de 17 kg. Para la degradación de material orgánico se utilizó lombrices californianas (*Eisenia foetida*) dentro de un biodigestor aireado, en los resultados obtenidos de los 17 kg de material solo se obtuvo de 1 a 1.5 kg de compost, además de que el tiempo de obtención del compost fue en 10 semanas.

Zapata (2023). En su trabajo “Efectividad de compost a base de dos tipos de estiércol en el rendimiento de beta vulgaris var. fordhook giant distrito de Anta – Cusco”, la finalidad

es obtener compost utilizando dos tipos de estiércol. La metodología es de tipo experimental donde utiliza como muestra los residuos orgánicos obtenidos del distrito, mezclándolos con estiércol de ganado o cuy, el proceso de elaboración de compost duro 92 días. El mejor resultado se obtuvo con 50 kg de estiércol de cuy con 450 kg de residuos orgánicos, teniendo un pH final de 7.8 y mayor calidad del producto como 1.62 % Nitrógeno (N), 0.9 % Fosforo (P) y 0.84 % Potasio (K).

2.7. Bases teóricas

2.7.1. Melaza de caña

Es una fuente primordial de energía para el proceso de fermentación de abonos orgánicos, la melaza ocasiona la proliferación de la actividad microbiana, tiene un buen contenido de potasio, calcio y magnesio, además de contener micronutrientes esencialmente boro (Restrepo, 2001).

Según (Sanclemente et al, 2011), la melaza acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica gracias a los carbohidratos que tienen (azúcares simples como sacarosa y glucosa) y se demuestra que al ser consumidos los carbohidratos la descomposición disminuye es decir que los microorganismos aprovechan los carbohidratos para poder proliferarse y degradar en menor tiempo la materia orgánica.

2.7.2. *Composición de la melaza de caña*

Tabla 2

Composición de melaza de caña

Componentes	Composición (%)
Sacarosa	35
Glucosa	7
Levulosa	9
Agua	20
Otras sustancias reductoras	3
Otros carbohidratos	4
Cenizas	12
Compuestos nitrogenados	4,5
Compuesto no nitrogenados	5
Ceras, esteroides y estero fosfolípidos	0,4

Nota: Se muestran los distintos componentes que tiene la melaza de caña en porcentaje (Vega et al., 2007).

2.7.3. *Efectos de la materia orgánica en el suelo*

Su importancia de la materia orgánica recae en dos importantes cosas, la primera siendo una generación de nutrientes para que las plantas puedan desarrollarse adecuadamente porque aportan elementos esenciales provenientes de un proceso de mineralización, segundo la materia orgánica aporta la formación de sustancias húmicas teniendo una alta capacidad para absorber y retener agua donde el suelo (Florensa et al., 1991).

Al fertilizar el suelo se cambia las propiedades tanto físicas, químicas como biológicas:

- a) **Propiedades físicas.-** Primero aumenta la porosidad y la aireación facilitando la formación de raíces e intercambio de gases (oxígeno y CO₂), la coloración oscura de la materia orgánica amortigua las fluctuaciones de temperatura; así mismo, la obtención de sustancias húmicas tiene una alta capacidad para poder absorber y retener agua especialmente en épocas de sequía mejorando

estructura del suelo; y no menos importante se puede llegar a controlar la erosión ya que son más resistentes a la disgregación por el viento o el agua y así reduciendo la erosión superficial del suelo (Florensa et al., 1991).

- b) **Propiedades químicas.** - Mejora tres importantes aspectos: el poder amortiguador, hace que aumente la capacidad del suelo para resistir cambios bruscos de pH, así manteniéndolos las condiciones químicas más estables e incluso cuando se aplican fertilizantes o aguas con pH extremos. Segundo la capacidad quelante que hace que sustancias metálicas catiónicas como el hierro, zinc, manganeso y cobre formen complejos de importante valor haciendo que actúen como oligoelementos para que las plantas tengan un correcto desarrollo. Tercero la materia orgánica aporta y libera nutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio, Azufre y micronutrientes (como Fe, Mn, Cu y Zn) estos se liberan lentamente a medida que la materia orgánica se vaya descomponiendo en el suelo y posteriormente actúa como reserva de nutrientes para su fácil asimilación de plantas (Florensa et al., 1991).
- c) **Propiedades biológicas.** - La materia orgánica es una fuente de energía y alimento para la diversa y robusta comunidad de microorganismos. Esto hace que el suelo tenga una mayor disponibilidad de nutrientes que puede competir o suprimir el crecimiento de patógenos del suelo, las propiedades biológicas se convierten en un potente mejorador de suelos que contribuye a la sostenibilidad agrícola (Grand & Michel, 2020).

2.7.4. Descomposición de la materia orgánica

El proceso de descomposición se lleva a cabo por los microorganismos que realizan la fragmentación de moléculas complejas como la celulosa, lignina, azúcares, lípidos, proteínas entre otros y convirtiéndolas en nutrientes más pequeñas o simples como son el

nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), calcio (Ca), magnesio (Mg) y más nutrientes, además de generar dióxido de carbono (CO_2) (Four et al., 2020).

La materia orgánica posee sustancias que pueden descomponerse fácilmente como azúcares, proteínas, y demás; mientras que existen dificultades para su descomposición como las grasas, celulosa, entre otros causando acumulación (Sánchez, 2021).

La degradación de materia orgánica viene hacer un proceso muy relevante en el ciclo del carbono, ya que en este proceso de descomposición ocurren reacciones químicas donde los responsables son los microorganismos como las bacterias y hongos, utilizando enzimas y convirtiéndolos de compuestos complejos a simples, liberando a la atmósfera el dióxido de carbono (CO_2), ácido sulfúrico (H_2SO_4), amoníaco (NH_3) entre otros compuestos; todo esto puede ser aprovechado por diferentes formas de vida en el medio ambiente por contener una buena fuente de carbono y nitrógeno (Microbiología101 Lab, 2023).

2.7.5. *Microorganismos descomponedores de materia orgánica*

Los microorganismos ya existen en el ambiente donde se inicia la descomposición solo que están en un estado de reposo o inactivas, hasta que los residuos orgánicos que contienen abundante carbono las activa provocando su rápida multiplicación de estos. Para las bacterias y hongos que son descomponedores de materia orgánica vienen a ser una fuente de energía que requieren para poder desarrollarse mediante la oxigenación, humedad y temperatura. Estos microorganismos descomponedores de la materia orgánica provoca una serie de efectos positivos remineralizando la calidad del suelo, aportando una importante cantidad de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio generando que las plantas tengan un mejor desarrollo sin interrupción, el proceso de mineralización ocurre generalmente en presencia de oxígeno ya que si no hay presencia de oxígeno la degradación no se realiza adecuadamente (Sánchez, 2021).

2.7.6. Compost

El compost proviene del latín “compositus” cuyo significado es “poner junto” donde diversos residuos orgánicos al ser mezclados, con el tiempo se obtiene un abono natural llamado compost rico en nutrientes, los agentes descomponedores son los microorganismos quienes se encargan de transformar los residuos orgánicos en compost; la eficiencia del proceso de compostaje depende de parámetros como la temperatura, humedad y adecuado contenido de nitrógeno y carbono (Fernández, 2024).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define al compost como la degradación del material orgánico como restos de comida (cascaras de frutas, verduras, etc.), estiércol, hojas secas, restos de poda, entre otros, en condiciones aeróbicas con la finalidad de obtener un material rico en nutrientes, además de que se utiliza como un fertilizante natural y mejorando las condiciones estructurales del suelo (Román et al., 2013).

El compost es la descomposición de manera natural de la flora y fauna a causa de los microorganismos aeróbicas (Matsuzaki, 2001).

Según la NTP 201.208 el compost debe cumplir con los requisitos establecidos en esta Norma Técnica Peruana. Para certificar un lote de compost se debe presentar informes de resultados de laboratorios de los ensayos siguientes: coliformes fecales, salmonella spp, humedad, relación carbono/nitrógeno, conductividad eléctrica, pH, metales pesados, huevos de helmintos (parásitos). El compost puede ser almacenado sin alteraciones ni tratamientos posteriores bajo condiciones ambientales adecuadas (Norma Técnica Peruana, 2021).

2.7.7. Proceso de compostaje

Alguno de los problemas ambientales causadas por la explotación agrícola genera residuos orgánicos como restos de cosechas, podas, estiércol, frutos caídos, entre otros, debido al desconocimiento, espacios disponibles, así como de tiempo, por esta razón estos

residuos pueden ser quemados o dejados en lugares inapropiados hasta su degradación (Román et al., 2013).

El compostaje ayuda a aprovechar los residuos orgánicos para transformarlo en un producto con buen contenido de nutrientes que posteriormente son aprovechados en la parte agrícola.

Tabla 3

Norma técnica peruana para compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales

Parámetros	Valor Mínimo	Valor Máximo
	%	%
Nitrógeno	0.3	1.5
Fósforo	0.1	1.0
Potasio	0.3	1.0
Manganeso	0.2	0.7
Calcio	2	6

Nota: en la tabla se muestra la calidad porcentual que debe tener un compost elaborado a partir de residuos sólidos municipales (Norma técnica peruana, 2021).

2.7.8. Etapas del compostaje

Las etapas de compostaje según la temperatura se dividen en (Román et al., 2013):

- a) Etapa Mesófila. Esta etapa se da a temperatura ambiental el proceso de compostaje, donde progresivamente en periodos de horas o días se verifica el aumento de temperatura donde podría llegar hasta los 45°C. Este aumento de temperatura ocurre por la actividad de los microorganismos que generan calor por el consumo de nitrógeno (N) y carbono (C) de la parte orgánica. También se verifica el descenso de pH alrededor de 4 - 4.5 por la degradación de la parte soluble como son los azúcares produciendo ácidos orgánicos que son los responsables de darles ese valor de pH. Esta etapa puede durar de 2 a 8 días.

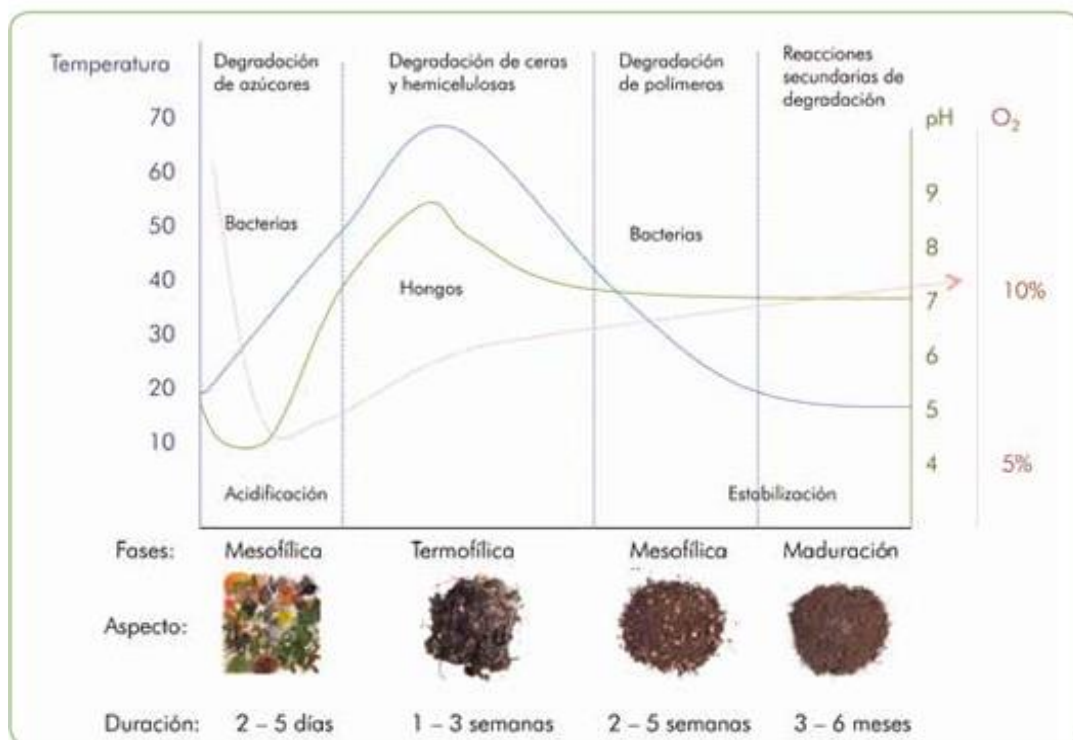
- b) Etapa termófila o de Higienización. En esta etapa cuando las temperaturas superan los 45°C aparecen nuevos microorganismos que se desarrollan a altas temperaturas quienes reemplazan a los microorganismos mesófilos, en su mayoría bacterias termófilas quienes se encargan de descomponer la lignina y la celulosa que son sustancias más complejas de carbono. Se observa la transformación de nitrógeno en amoníaco, además de que el pH aumenta, ya desde los 60°C aparecen bacterias capaces de degradar la cera, hemicelulosa entre otros compuestos mucho más complejos de carbono (C). El nombre de higienización surge por la eliminación tanto de bacterias como contaminantes de procedencia fecal por el calor excesivo generado en esta etapa, desde los 55°C se verifica que los quistes y helmintos son destruidas además de las esporas de hongos fitopatógenos generándose un compost higiénico. Esta etapa dura de días a meses.
- c) Etapa de enfriamiento o Mesófila II. Esta etapa se da una vez se termine de consumir el carbono en especial el nitrógeno donde recae la temperatura hasta los 40-45°C. En esta etapa la materia orgánica sigue descomponiéndose como es la celulosa, así mismo, llega la aparición de hongos que se pueden ver a simple vista (Figura 1), por debajo de los 40°C vuelven a aparecer las bacterias mesófilas, pero en caso del pH hay un equilibrio en lo alcalino. Esta etapa dura semanas y suele equivocarse con la etapa de maduración.
- d) Etapa de maduración.** Esta etapa dura varios meses y se da a temperatura ambiente, se manifiesta la polimerización y condensación de compuestos de carbono para luego transformarse en ácidos húmicos y fúlvicos.

Figura 1
Aparición de hongos en la etapa mesófila II



Nota: Se verifica la aparición de los hongos luego de la etapa termófila (Román et al., 2013)

Figura 2
Temperatura, tiempo y pH en las etapas del compostaje



Nota: se muestra las etapas por las que pasa el compostaje, así como el tiempo aproximado y variación de pH (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

2.7.9. *Nutrientes esenciales para las plantas*

Los nutrientes esenciales requieren de ciertos elementos que en su ausencia las plantas no crecen ni producen adecuadamente. Se consideran nutrientes esenciales a aquellos elementos químicos a aquellos que cumplan con las siguientes condiciones (Esquivel, 2017):

- Su ausencia hace que su ciclo de vida de las plantas no complete con normalidad.
- Cuando estos elementos nutricionales no son reemplazados por otros en su funcionamiento metabólico dentro de las plantas.

a. **Macronutrientes**

Son elementos que las plantas requieren en mayor cantidad para su correcto desarrollo, estas se dividen en dos grupos (Esquivel, 2017).

- **Nutrientes primarios.** - Las plantas los requieren en mayor cantidad además de que es lo primero que suele carecer en el suelo. Dentro de su composición química representan los $\frac{3}{4}$ partes de todos los minerales que tiene una planta y estas son el nitrógeno (N), fosforo (P) y potasio (K).
- **Nitrógeno (N):** Las plantas contienen en su estructura entre 1-3 % de nitrógeno, es un elemento muy importante para la formación de aminoácidos que por medio de enlaces péptidos forman proteínas las cuales son sustancias que son parte del tejido vegetal. El nitrógeno es absorbido por las plantas en forma de nitratos (NO₃)⁻ y amonio (NH₄)⁺ que se encuentran en los abonos nitrogenados como es la urea, nitrato, entre otros que lo utilizan para el suelo. Le da la coloración verde intenso y ayuda el crecimiento de las hojas y tallos (Esquivel, 2017).
- **Fósforo (P):** Las plantas contienen en su estructura entre 0.3-3 %. En su ausencia el desarrollo y crecimiento de las plantas no sucede, forma parte de

algunas enzimas, proteínas, fosfolípidos, ácido ribonucleico (ARN) y ácido desoxirribonucleico (ADN). El fósforo ayuda en el sistema radicular, su importancia también se da en el desarrollo inicial de las plantas acelerando su enraizamiento, tallos y hojas, así como la en la floración haciéndola más vigorosa (Esquivel, 2017).

- **Potasio (K):** Las plantas contienen en su estructura entre 0,05-1.0 %. Ayuda mediante la activación de procesos metabólicos la conservación de agua es decir su ausencia ocasiona la deshidratación por altas temperaturas en las plantas. Así mismos, el potasio ocasiona la acumulación y el traslado de carbohidratos generado en las hojas para llevarlos a los órganos de reserva que son: frutas, semillas, tubérculos, entre otros además de ser parte de los azúcares y almidón. Su importancia indispensable se encuentra en la formación y maduración de los frutos, así mismo, haciendo que tengan una buena coloración dependiendo del fruto de la planta (Esquivel, 2017).
- **Nutrientes secundarios.** - Los nutrientes secundarios encontramos el calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

b. Micronutrientes

Los micronutrientes son muy importantes para las plantas, pero los requieren en menor cantidad para su correcto desarrollo, estos elementos son: hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), cloro (Cl), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y boro (B) (Esquivel, 2017).

2.7.10. Residuos sólidos municipales del distrito de Saylla

La generación de residuos sólidos municipales en el año 2023 equivale a 5.96 Tm/día (178.8 Tm/mes), el porcentaje de los residuos sólidos orgánicos representan el 58.63 %, seguido de los residuos inorgánicos con 31.43 % y residuos no aprovechables del 9.94 % (Municipalidad Distrital de Saylla, 2023).

2.8. Definición de términos

- **Materia orgánica:** Son restos de plantas y animales o también compuestas de carbohidratos, ligninas y proteínas, donde los microorganismos degradan la materia orgánica convirtiéndolos en humus y dióxido de carbono (Pascual & Venegas , 2013).
- **Humus:** El humus tiene una coloración oscura y de consistencia porosa con la capacidad de poder retener agua y minimizar la erosión del suelo, es un material producto de la degradación de materia orgánica causada por los microorganismos con capacidad descomponedor que pueden ser tanto bacterias como hongos, el producto obtenido tiene una consistencia coloidal y son una fuente alta de nutrientes para las plantas (Bárceñas, Albarado & Padilla, 2019).
- **Biofertilizante:** Los biofertilizantes son microorganismos vivos que ayudan al correcto desarrollo de las plantas generando la disponibilidad de nutrientes primarios, se pueden aplicar tanto a semillas, a la superficie de las plantas y al suelo (Afanador, 2017).
- **Disolución de melaza en agua:** La proporción de una disolución de melaza en agua para material orgánico a compostar es de 1.5 L de melaza por 18.5 L de agua (disolución 20 L), de esta disolución solo se usa 10 L para 1 m³ de material a compostar (Ministerio del Desarrollo Agrario y Riego, 2023). Sin embargo, para el presente trabajo de vio conveniente utilizar una disolución de 4L de melaza y agua ($20 \text{ L}/5 = 4 \text{ L}$) porque se aplicará en un volumen de material que representa la quinta parte de 1 m³ que en masa equivale a 50Kg.
- **Temperatura:** Es una cantidad física que proviene del estudio de la termodinámica que es medir que tan frio o caliente de encuentra un cuerpo, puede medirse en grados centígrados “°C” (Gómez, 2020).

- **Humedad del suelo:** Es el contenido o cantidad de agua encontrada en los poros del suelo, puede expresarse en porcentajes de una porción de suelo (Cherlinka, 2025).
- **Potencial de hidrogeno (pH):** Indica el estado de acides o alcalinidad de una determinada solución, tiene una escala de 0 a 14 donde 7 es un valor neutro entre la acides y alcalinidad, cuan menor sea de 7 es más ácida y si es mayor es más alcalina (Mansilla, 2014).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada porque los resultados que se obtendrán contarán con un grado de importancia muy significativa en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos con el uso de melaza, así mismo, aportes socioeconómicos por la obtención de compost a un costo menor que reemplaza los abonos sintéticos que se vienen usando en la agricultura además de apoyar frente a la contaminación del medio ambiente generados por los residuos orgánicos. La investigación de tipo aplicada tiene la particularidad de que los datos obtenidos ayudan a mejorar la calidad de las personas, así como también impulsa el desarrollo socioeconómico y problemas específicos en la sociedad (Ortega, 2025).

El nivel de investigación es explicativo porque busca encontrar el efecto que tiene la melaza en la degradación de residuos orgánicos para la elaboración de compost a causa de que la melaza es un acelerador de descomposición por la proliferación de microorganismos que genera. El nivel de investigación explicativa busca encontrar la causa y efecto de fenómenos que ocurren en un determinado estudio (Ramos , 2020).

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo, por la recopilación de datos numéricos durante y después del proceso de compostaje de residuos orgánicos, así como también en los análisis estadísticos relacionados con los volúmenes de melaza, tiempo de descomposición y calidad del producto obtenido. El enfoque cuantitativo analiza las dimensiones, índices de variables, indicadores, así como sus relaciones mediante la construcción y medición de estas mismas, es decir que, los datos obtenidos de todo el análisis se representan mediante números para luego ser evaluados mediante métodos estadísticos (Cruz et al., 2019).

El diseño de la investigación es experimental donde se busca ver el efecto de la melaza (se utilizó un volumen de 0.5 L, 1 L y 1.5 L de melaza por cada 50 kg de residuos orgánicos) en la degradación de residuos orgánicos, tiempo de descomposición y la calidad del producto obtenido. El diseño experimental ve los tratamientos o estímulos, condiciones (variable independiente) sobre un objeto o agrupación de individuos (variable dependiente) para ver los resultados que se obtienen (Arias, 2012).

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Temporal

Los datos obtenidos para la realización de la presente investigación fueron desarrollados en el año 2024 - 2025.

4.2.2. Espacial

La fase de recolección y verificación de la descomposición de residuos orgánicos con diferentes volúmenes de melaza se realizó en el distrito de Saylla, provincia de Cusco, Departamento de Cusco.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La población en el estudio de investigación viene a ser los residuos orgánicos (cascaras de verdura, fruta, restos de poda, etc.) generados en el distrito de Saylla-Cusco. La población se define como un conjunto de individuos, objetos o eventos, usualmente para un estudio de investigación no se pueden llegar a abarcar toda la población por ser demasiado grandes normalmente (Daniel, 2015).

4.3.2. Muestra

La muestra consiste en 12 camas que contienen 50 kg de residuos orgánicos cada uno, haciendo una muestra total de 600 kg. La muestra es una parte significativa de una población donde se realizará la investigación (López , 2004).

4.4. Instrumentos

Los instrumentos son las fichas, registros anecdóticos, grabaciones y fotografías que se utilizó para evidenciar el trabajo como también registrar datos de la investigación (Barrantes Echevarría, 2006). En el presente trabajo se utilizaron ficha de observación para la recolección de datos y cámara fotográfica.

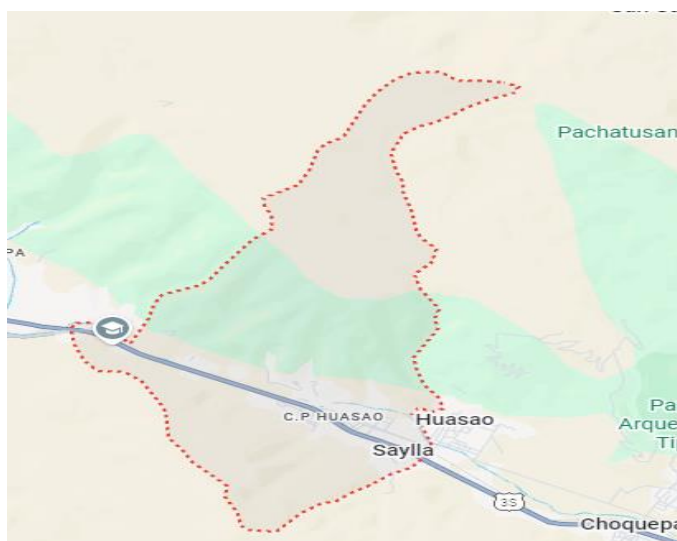
4.5. Procedimientos

a) Datos del lugar de investigación

El lugar donde se realizó el proceso de descomposición de los residuos orgánicos fue en la planta de compostaje de la municipalidad distrital de Saylla, queda ubicada en valle Sorama al frente de la universidad Continental en la Provincia de Cusco – Departamento Cusco. Se detalla las coordenadas geográficas:

- Latitud: -13.57
- Longitud: -71.8278
- Latitud: 13°34'12"Sur
- Longitud: 71° 49' 40" Oeste

Figura 3
Distrito de Saylla



Fuente: Google Maps.

Figura 4
Lugar de la planta de compostaje

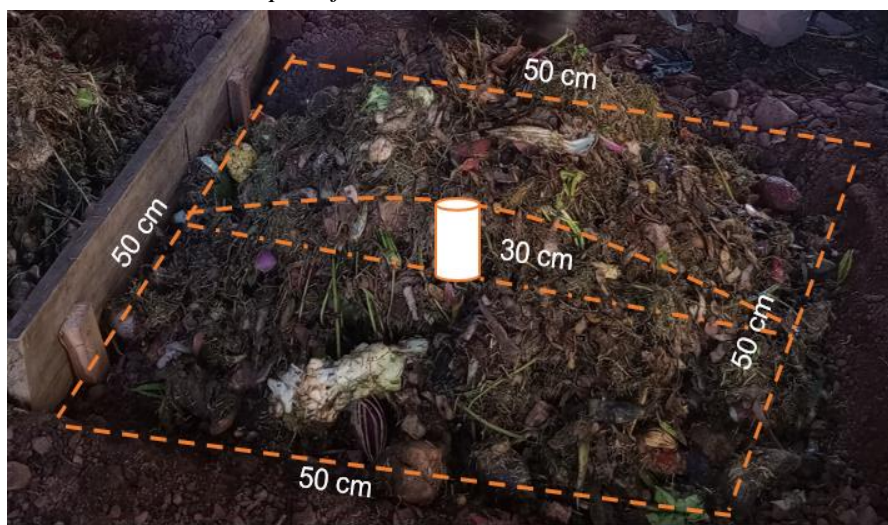


Nota: se muestra el lugar donde se realizó la parte experimental del trabajo obteniendo el compost (Google Maps).

b) Área de experimentación

El área de la base total de la compostera tuvo una medida de 50cm x 50cm con un área total de 2500 cm², dimensiones para cada cama (12 camas en total) por lo que contiene 50 kg de residuo orgánico y posteriormente se cubrió con un plástico color negro, haciendo un agujero en el medio del plástico y del material orgánico para su adecuada oxigenación.

Figura 5
Dimensiones de las camas de compostaje



Nota: se observa la preparación de las camas composteras con un ancho de 50 cm por un largo de 50 cm y altura de 30 cm.

c) Materiales**• Fuentes de materia prima**

- Madera
- Residuos orgánicos (600 kg)
- Melaza 9 litros
- Agua de riego
- Agua destilada

• Equipos

- Balanza electrónica
- pHmetro marca HANNA
- Termohigrómetro digital con sonda marca ELICROM
- Cámara fotográfica

• Materiales diversos

- Mangueras
- Trinchas
- Carretillas
- Wincha metálica
- Guantes de plástico
- Materiales de escritorio
- Moto carga
- Fumigadora
- Machete
- Balde de plástico
- Envases de plástico
 - Mantas plásticas negras de 1.5x2m (12 und)

4.5.1. Procedimiento de obtención de compost

- **Paso 1: Acondicionamiento de espacio**

Para el proceso de compostaje se utilizó un espacio adecuado (techo, agua, acceso, etc.) donde se realizó el acondicionamiento de 12 camas con separadores de madera; para ello se niveló las camas composteras de forma uniforme para evitar el escurrimiento de las aguas pluviales o cualquier contacto con residuos de otras camas compostadas.

Figura 6

Acondicionamiento de espacio para el compostaje



Nota: se muestra el acondicionamiento del espacio para el posterior proceso de compostaje.

- **Paso 2: Recolección de residuos orgánicos**

Antes de realizar la recolección de orgánicos se hizo el empadronamiento y sensibilización en temas del adecuado manejo de residuos sólidos y la correcta segregación en fuente a la población del distrito de Saylla, posteriormente se realizó la recolección de residuos orgánicos por vivienda empadronada y en el horario de la mañana.

Figura 7
Recolección de residuos orgánicos



Nota: se observa la etapa de recolección de residuos sólidos orgánicos para su posterior compostaje.

- **Paso 3: Transporte de residuos orgánicos**

Una vez recolectada toda la cantidad de residuos orgánicos del distrito se hace el transporte y traslado de los residuos en una moto carga a la planta de compostaje de la municipalidad distrital de Saylla para su posterior tratamiento.

Figura 8
Transporte de residuos orgánicos



Nota: se muestra el transporte de los residuos orgánicos en carretilla para facilitar el trabajo.

- **Paso 4: Selección de residuos orgánicos**

Seguidamente se realiza la homogenización, separación y clasificación de residuos orgánicos de los inorgánicos; los residuos más grandes se procedieron a picar o triturar con un machete para su adecuada descomposición; posteriormente se pesó 50 kg para cada cama, teniendo un total de 600kg de material orgánico para la investigación.

Figura 9

Selección de residuos orgánicos



Nota: se muestra la selección del material residual orgánico para preparar las camas de compostaje.

- **Paso 5: Formación de camas**

Los residuos orgánicos una vez instalados en cada cama (12 camas) se añaden diferentes volúmenes de melaza y consigo una cantidad de agua según al tratamiento dado, una vez homogenizado la disolución total de melaza se realizó la fumigación en los residuos orgánicos ya instalados para su efectividad en el proceso de descomposición; seguidamente cubriéndolos con un plástico color negro donde se dejó un agujero en la parte superior del plástico para la adecuada oxigenación del material orgánico y siga su proceso de descomposición de los residuos orgánicos.

Tabla 4
Formación de camas

N°	Masa	Peso	Tratamientos	Melaza	Cantidad de agua	Disolución total
T1	Residuos orgánicos	50kg	T1- 3 Rep.	0L	4L	4L
T2	Residuos orgánicos	50kg	T2-3 Rep.	0.5L	3.5L	4L
T3	Residuos orgánicos	50kg	T3-3 Rep.	1L	3L	4L
T4	Residuos orgánicos	50kg	T4-3 Rep.	1.5L	2.5L	4L

Fuente: elaboración propia.

Figura 10
Formación de camas



Nota: se observa la preparación de las camas de compostaje cubriendo con un material plástico negro para mantener el calor interior y mejorar la proliferación de los microorganismos

- **Paso 6: Control de compostaje**

El control de compostaje se realizó mediante la medición de parámetros como es la temperatura, humedad, pH y como también el control de la aireación esto de manera interdiaria para obtener una descomposición eficiente, para ello se detalla lo siguiente:

- a) **Temperatura:** El control de la temperatura es importante ya que asegura la eliminación de patógenos existentes en el proceso de descomposición de

los residuos orgánicos, para ello se maneja los rangos establecidos según la Norma Técnica Peruana (NTP). Se instaló un termohigrómetro al centro de la pila de compostaje para obtener datos específicos y ser registrados en las fichas de observación por lo que están disponibles en el Anexo 2, estos parámetros se midieron de manera inter diaria durante 3 meses a partir del día de instalación de las camas con residuos orgánicos, las mediciones de la temperatura se realizaron a medio día ya que las temperaturas en la ciudad del cusco son variadas.

Figura 11

Control de temperatura y humedad



Nota: se mide la temperatura y humedad en el proceso de compostaje con el termohigrómetro.

b) Humedad: El control de la humedad se llevó a cabo en el lugar de instalación (planta de compostaje de la municipalidad distrital de Saylla). La medición se hizo con un termohigrómetro colocando en la parte media de la pila de compostaje de manera inter diaria desde la instalación de los residuos orgánicos, obteniendo datos y siendo registrados como se ve en el Anexo 2, otra manera de poder controlar la humedad es a base del conocimiento del personal ya

experimentado, tomando una muestra pequeña en la mano, seguidamente se procedió a exprimir y si de la muestra no se solía ver escurrimiento de agua y sigue conservando su forma el contenido de la humedad era correcto.

c) **pH:** Un pH óptimo para el desarrollo microbiano debe ser entre 5 - 8.5 según la Norma Técnica Peruana (NTP). El control de medición del pH se realizó de manera inter diaria desde que se hizo la instalación de las camas hasta culminar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos; para ello se colocó el pHmetro en el medio de las pilas de compostaje, obteniendo datos y siendo registrados en las fichas de observación como se ve en el Anexo 2.

Figura 12
Control de pH



Nota: se muestra la medición del pH en el proceso de compostaje.

- **Paso 7: Volteo y riego de compostaje**

El volteo de camas o pilas de compostaje es esencial ya que al realizar el volteado de los residuos orgánicos periódicamente hace que el oxígeno llegue a todo el material orgánico que está en proceso de descomposición, lo que es fundamental para la actividad aeróbica de los microorganismos. Por ende, en este estudio se realizó el volteo de las camas una vez por semana, haciendo que tenga un adecuado proceso de descomposición.

Figura 13

Volteo de camas



Nota: se voltea el compost para oxigenar la materia residual orgánica en descomposición.

El riego de camas o pila de compostaje es ideal para la actividad de los microorganismos descomponedores, si el nivel del agua es demasiado bajo se ralentiza el proceso y si es demasiado alto interfiere la oxigenación del material, provoca malos olores, entre otros: por ende, el riego de las camas de compostaje se realizó una vez cada 10 días

por lo que ayudo a descomponerse de manera eficiente el residuo orgánico. El agua que se utilizó para el riego de las camas durante los 3 meses de descomposición fue del sistema capulichayoc según indica los parámetros analizados en el anexo 9.

Figura 14
Riego de camas



Nota: se muestra el material humedecido para mantener con la suficiente agua que requieren los microorganismos y degradar correctamente.

Al realizar el trabajo de investigación se pudieron observar reacciones durante el proceso de compostaje como: el aumento de temperatura en horas, seguido a eso se observó el cambio de color de los residuos orgánicos una vez cubiertos con el plástico negro, como también el olor fuerte y agradable de la meza. Una vez transcurrido varias semanas en su proceso de descomposición se llegó a visualizar lombrices, gusanos entre otros.

Figura 15

Aparición de lombrices y gusanos durante el proceso de compostaje



- **Paso 8: Tamizado y envasado**

- a) **Tamizado:** Una vez descompuesta los residuos orgánicos se tamizo el compost para obtener un material uniforme; para este proceso se utilizó un tamiz de metal pequeño ya que el volumen del compost por muestra era mínimo por lo tanto se procede a realizar el tamizado muestra por muestra encima de un plástico limpio, una vez tamizado todas las muestras (12 muestras) se procede a reservar para el siguiente procedimiento.

Figura 16*Tamizado de compost*

Nota: se muestra el tamizado del compost obtenido para su posterior análisis.

- b) **Envasado:** Una vez obtenida el compost se realizó el envasado; para este proceso se separó 1kg de compost por cada muestra obtenida teniendo así un

total de 12 muestras, este envasado se realizó en una bolsa ziploc transparente con sus respectivas descripciones de cada muestra (T1- 0 litros de melaza; T2- 0.5 litros de melaza; T3- 1 litro de melaza; T4- 1.5 litros de melaza; T5- 0 litros de melaza; T6- 0.5 litros de melaza; T7- 1 litro de melaza; T8- 1.5 litros de melaza T9- 0 litros de melaza; T10- 0.5 litros de melaza; T11- 1 litro de melaza; T12- 1.5 litros de melaza), seguido a este proceso se realizó el empaquetado para ser trasladados al laboratorio y ser analizados.

Figura 17*Envasado de compost*

Nota: se realiza el embolsado para llevar la muestra al laboratorio y ver la calidad del compost obtenido.

4.5.2. Procedimiento para la obtención de nutrientes de Nitrógeno, Fosforo y Potasio.

Una vez obtenida el empaquetado de las 12 muestras cada uno con 1 Kg de compost, se procedió a transportarlo a un laboratorio certificado por INACAL para la obtención de los resultados de la calidad del compost como el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Figura 18

Transporte del compost a laboratorio



Nota: Se realizó el embolsado y empaquetado del compost para ser transportados al laboratorio

4.6. Análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo con el fin de mostrar el comportamiento de las variables observadas durante los tres meses de estudio. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis inferencial para cada caso, aplicando pruebas de normalidad y de homogeneidad de varianzas, seguidas del análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias estadísticamente significativas.

Para el procesamiento y análisis de la información se utilizaron las herramientas informáticas SPSS y Microsoft Excel, lo que permitió una gestión eficiente de los datos y la generación de tablas y gráficos que facilitaron la interpretación de los resultados.

4.7. Consideraciones éticas

Los datos obtenidos en la investigación fueron resultados del compromiso usando los procedimientos mencionados en la investigación para garantizar una información idónea para futuras investigaciones realizadas en el lugar de estudio. Así mismo, cuidando al personal que fue parte del trabajo, la contaminación que les pudieron ocasionar al interaccionar con residuos orgánicos, protegiéndolos con equipos de protección personal para el caso durante el proceso de recolección, segregación, acondicionamiento del lugar, pesaje del material, etc.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

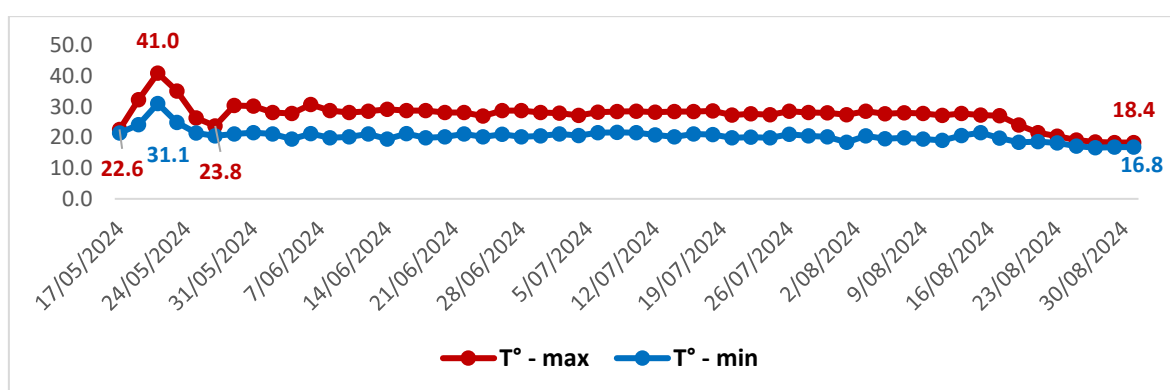
5.1.1. Resultados de temperatura, humedad y pH en el proceso de obtención de compost

5.1.1.1. Resultados de la temperatura

Se verá el comportamiento de la temperatura en el proceso de obtención de compost en las siguientes figuras.

Figura 19

Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost sin melaza

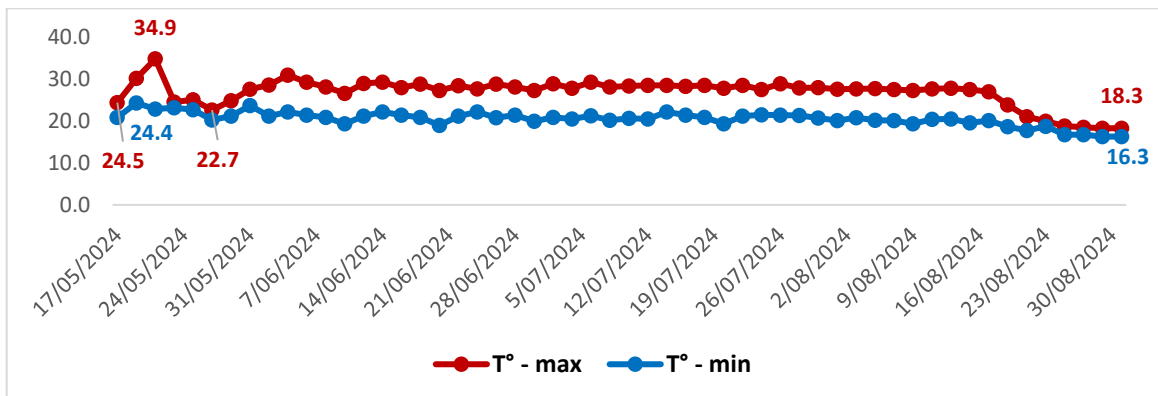


Los datos recolectados de la temperatura se realizaron cada dos días, donde la línea de tendencia roja y azul representan la temperatura máxima y mínima respectivamente.

En la figura 18, el material orgánico a descomponer sin melaza tenía una temperatura inicial máxima de 22.6 °C seguido a eso se observó la etapa mesófila (alrededor de 5 días), llegando a una temperatura máxima de 41 °C sin alcanzar a la etapa termófila (> 45 °C), enseguida se observó la etapa de enfriamiento ya que empezó a descender la temperatura de 41 °C a 23.8 °C (alrededor de 6 días) y finalmente se observó la etapa de maduración (duró aproximadamente 3 meses) obteniendo el compost con una temperatura máxima de 18.4 °C y una temperatura mínima de 16.8 °C el 30 de agosto del 2024. Uno de los factores por el cual no alcanzo la etapa termófila es la temperatura ambiente del lugar donde se realiza este proceso.

Figura 20

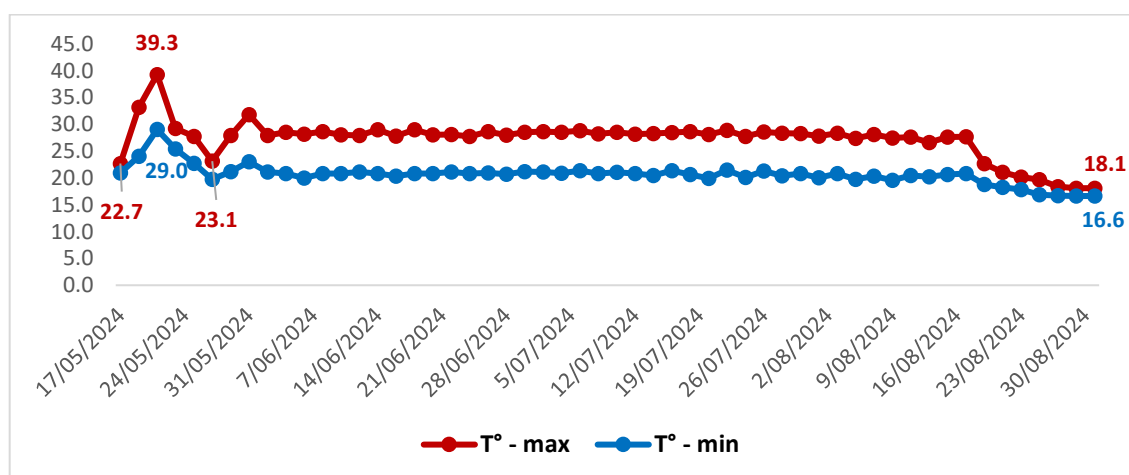
Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost con 0.5 litros de melaza



En la Figura 19, el material orgánico a descomponer con 0.5 L de melaza tenía una temperatura inicial máxima de 24.5 °C seguido a eso se observó la etapa mesófila (alrededor de 5 días) llegando a una temperatura máxima de 34.9 °C sin alcanzar a la etapa termófila (> 45 °C), enseguida se observó la etapa de enfriamiento ya que empezó a descender la temperatura de 34.9 °C a 22.7 °C (alrededor de 6 días) y finalmente se observó la etapa de maduración (duró aproximadamente 3 meses) obteniendo el compost con una temperatura máxima de 18.3 °C y una temperatura mínima de 16.3 °C el 30 de agosto del 2024. Uno de los factores por el cual no alcanzo la etapa termófila es la temperatura ambiente del lugar donde se realiza este proceso.

Figura 21

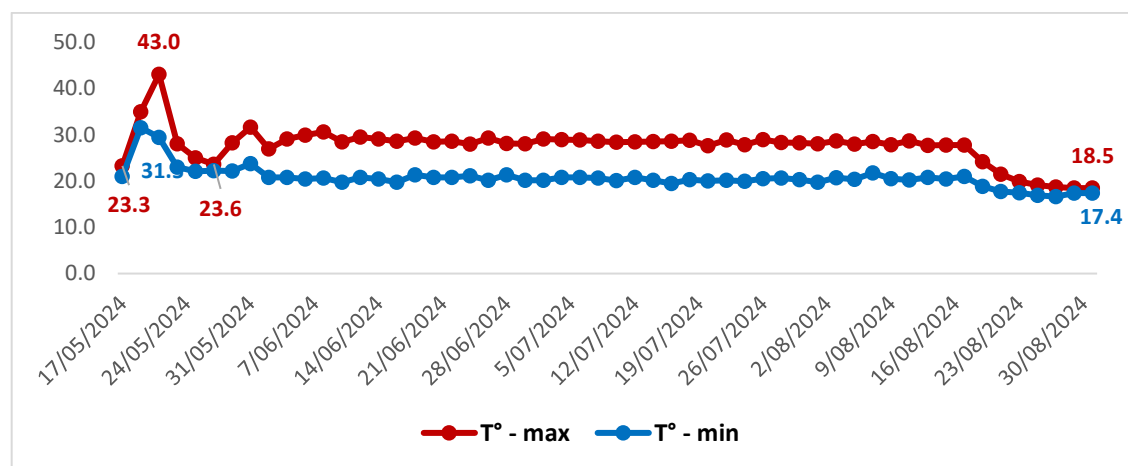
Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost con 1 litro de melaza



En la Figura 21, el material orgánico a descomponer con 1 L de melaza tenía una temperatura inicial máxima de 22.7 °C seguido a eso se observó la etapa mesófila (alrededor de 5 días) llegando a una temperatura máxima de 39.3 °C sin alcanzar a la etapa termófila (> 45 °C), enseguida se observó la etapa de enfriamiento ya que empezó a descender la temperatura de 39.3 °C a 23.1 °C (alrededor de 6 días) y finalmente se observó la etapa de maduración (duró aproximadamente 3 meses) obteniendo el compost con una temperatura máxima de 18.1 °C y una temperatura mínima de 16.6 °C el 30 de agosto del 2024. Uno de los factores por el cual no alcanzo la etapa termófila es la temperatura ambiente del lugar donde se realiza este proceso.

Figura 22

Evolución de la temperatura máxima y mínima del proceso de compost con 1.5 litros de melaza



En la Figura 22, el material orgánico a descomponer con 1.5L de melaza tenía una temperatura inicial máxima de 23.3 °C seguido a eso se observó la etapa mesófila (alrededor de 5 días) llegando a una temperatura de 43.0 °C sin alcanzar a la etapa termófila (> 45 °C), enseguida se observó la etapa de enfriamiento ya que empezó a descender la temperatura de 43.0 °C a 23.6 °C (alrededor de 6 días) y finalmente se observó la etapa de maduración (duró aproximadamente 3 meses) obteniendo el compost con una temperatura máxima de 18.5 °C y una temperatura mínima de 17.4 °C el 30 de agosto del 2024. Uno de los factores por el

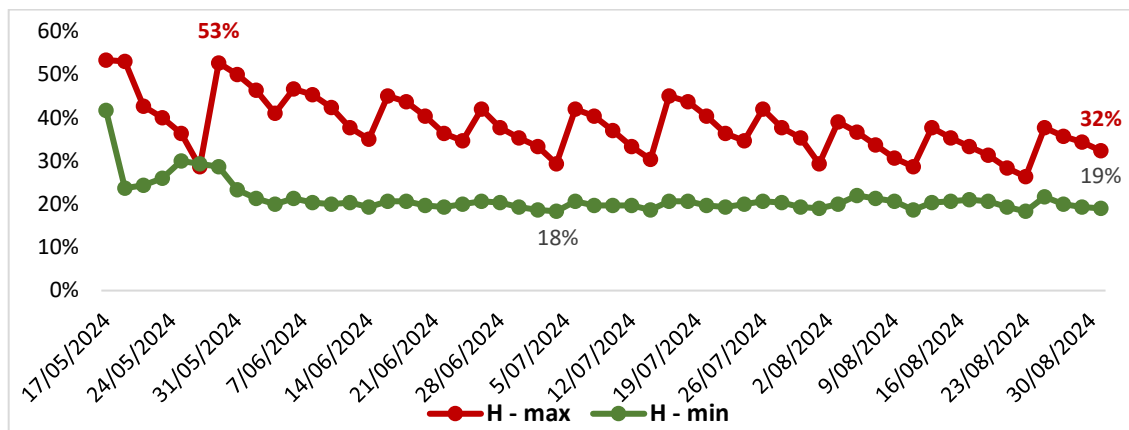
cual no alcanzo la etapa termófila es la temperatura ambiente del lugar donde se realiza este proceso.

5.1.1.2. Resultados de la humedad

Veremos el comportamiento de la humedad en el proceso de obtención de compost en las siguientes figuras.

Figura 23

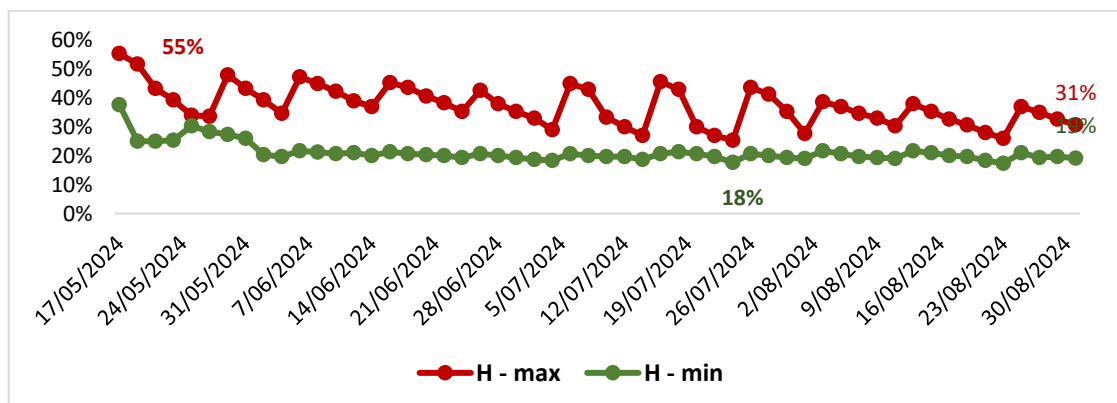
Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost sin melaza



En la Figura 23, se observa que durante el proceso de compostaje la humedad varía entre 18 % a 53 % donde al finalizar el compost tiene una humedad de 19 % a 32 %, la gradiente que muestra la línea de tendencia roja es porque aproximadamente cada 8 días se agregaba con agua para mantener húmedo el material orgánico y mejorar su degradación.

Figura 24

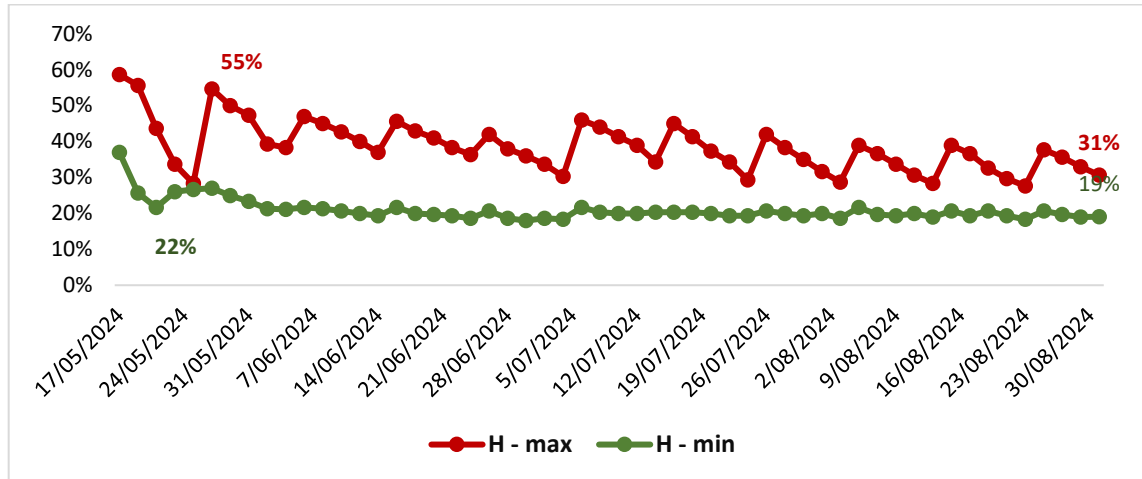
Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost con 0.5 litros de melaza



En la Figura 24, se observa que durante el proceso de compostaje la humedad varía entre 18 % a 55 % donde al finalizar el compost tiene una humedad de 19 % a 31 %.

Figura 25

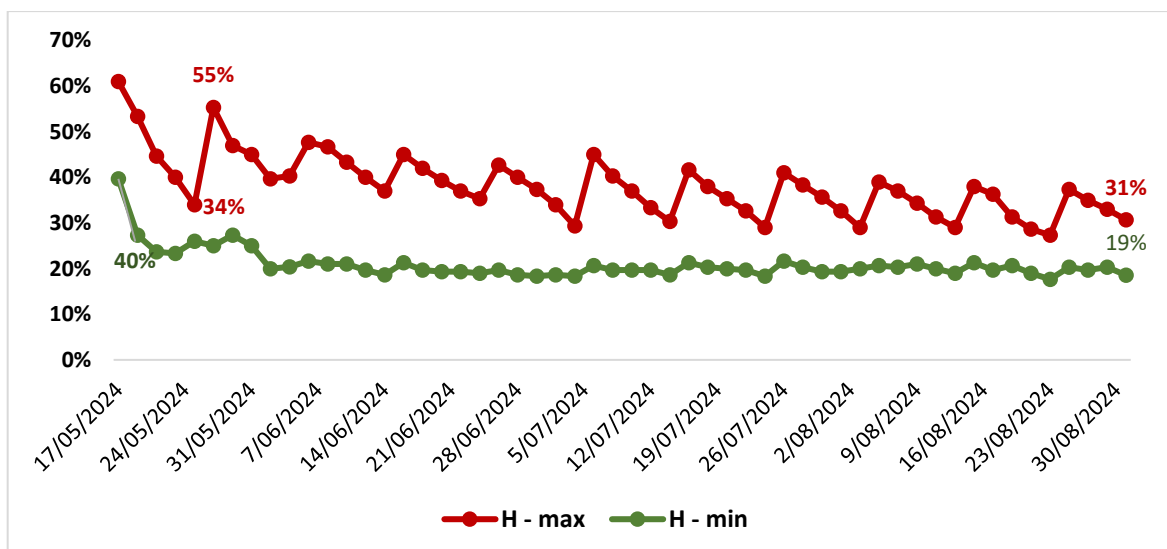
Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost con 1 litro de melaza



En la Figura 25, se observa que durante el proceso de compostaje la humedad varía entre 22 % a 55 % donde al finalizar el compost tiene una humedad de 19 % a 31 %.

Figura 26

Comparación de la humedad máxima y mínima del proceso de compost con 1.5 litro de melaza



En la Figura 26, se observa que durante el proceso de compostaje la humedad varía entre 34 % a 55 % donde al finalizar el compost tiene una humedad de 19 % a 31 %

5.1.1.3. Resultados del pH

Del mismo modo se realizó un análisis descriptivo y líneas de control para el pH, donde se verá el comportamiento del PH del compost con las diferentes concentraciones de melaza.

Tabla 5

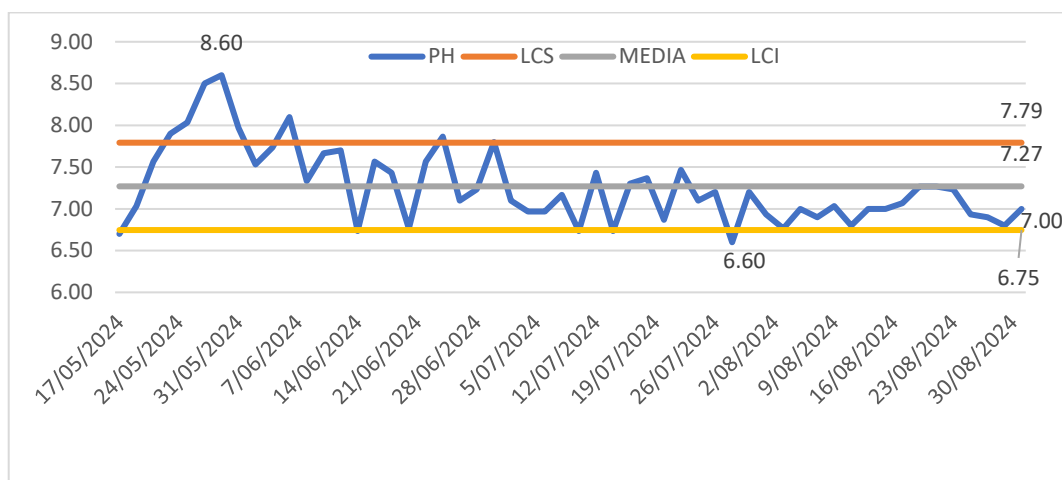
Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost sin melaza

Estadísticos		
Sin agregar melaza		
N	Válido	162
Coefic. Variac.		7.080
Media		7.2691
Mediana		7.1500
Moda		7.00
Desv. Estándar		0.51466
Mínimo		6.40
Máximo		8.80

La Tabla 5, presenta estadísticas descriptivas de un conjunto de 162 observaciones bajo la condición “Sin agregar melaza”. La media es 7.27, la mediana 7.15 y la moda 7.00, lo que sugiere una ligera asimetría positiva (distribución algo sesgada hacia la derecha). La desviación estándar es 0.51, indicando una variabilidad moderada, y el coeficiente de variación de 7.08% confirma que los datos son relativamente homogéneos respecto a su media. Los valores se encuentran en un rango de 6.40 a 8.80, con una diferencia total de 2.40 unidades. En conjunto, los datos muestran una distribución centrada, poco dispersa y sin valores extremos inusuales, lo que sugiere consistencia en las mediciones bajo esta condición.

Figura 27

Monitorización del PH del compost mediante grafico de control sin melaza



En la Figura 27, no se incorpora nada de la solución de melaza, teniendo como promedio general el valor de pH 7.27 y el compost obtenido al final con pH 7.

Tabla 6

Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost con 0.5 litros de melaza

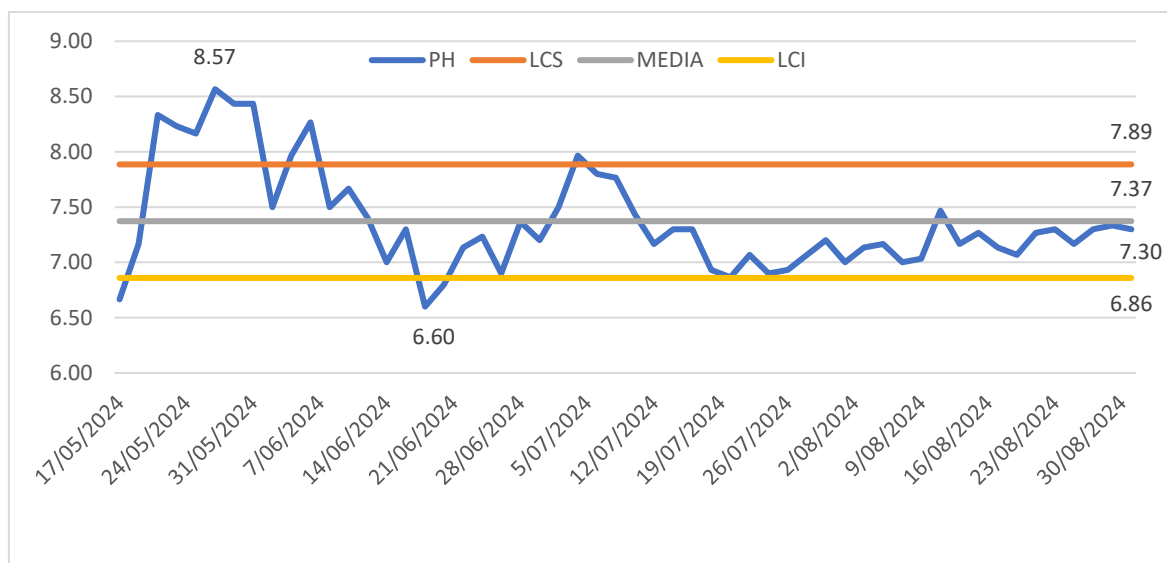
Estadísticos	
Se agrega 0.5 litros de melaza	
N	162
Coefic. Variac.	7.212
Media	7.3728
Mediana	7.2000
Moda	7.00
Desv. Estándar	0.53173
Mínimo	6.40
Máximo	8.90

La Tabla 6, muestra estadísticas descriptivas de 162 observaciones cuando se agrega 0.5 litros de melaza. La media es 7.37, ligeramente superior a la de la condición sin melaza, lo que sugiere un leve aumento en los valores promedio con la adición de melaza. La mediana (7.20) y la moda (7.00) se mantienen similares, pero la diferencia entre media y mediana sigue indicando una ligera asimetría positiva. La desviación estándar aumenta a 0.53 y el coeficiente de variación sube levemente a 7.21%, indicando una variabilidad aún moderada, pero un poco mayor que sin melaza. El rango se amplía ligeramente, desde un

mínimo de 6.40 hasta un máximo de 8.90, lo que también sugiere la posibilidad de valores algo más extremos. En resumen, agregar 0.5 litros de melaza aumenta ligeramente el valor promedio y la dispersión, manteniendo una distribución relativamente homogénea, aunque con una variabilidad algo mayor que en la condición sin melaza.

Figura 28

Monitorización del PH del compost mediante grafico de control con 0.5 litros de melaza



En la Figura 27, con 0.5 L de la solución de melaza se obtiene un promedio general de pH 7.37 y el compost obtenido al final con pH 7.30.

Tabla 7

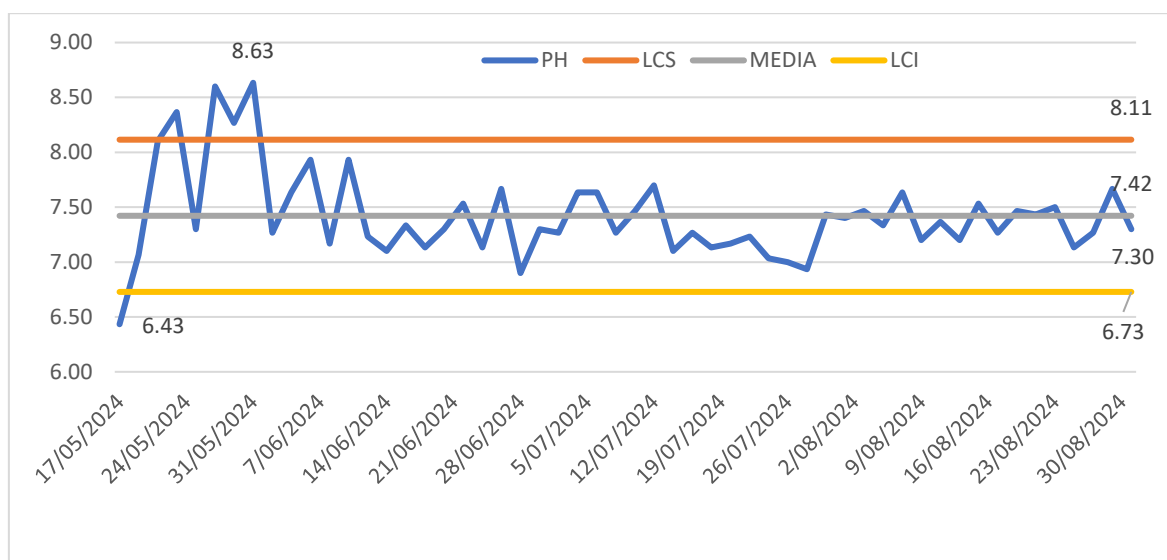
Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost con 1 litro de melaza

Estadísticos	
Se agrega 1 litro de melaza	
N	162
Coefic. Variac.	7.306
Media	7.4216
Mediana	7.4000
Moda	7.00
Desv. Estándar	0.54222
Mínimo	5.30
Máximo	9.30

Esta Tabla 7, presenta estadísticas descriptivas para 162 observaciones cuando se agrega 1 litro de melaza. La media es 7.42, la más alta entre las tres condiciones hasta ahora, lo que indica un incremento progresivo en los valores promedio con el aumento de melaza. La mediana es 7.40, muy cercana a la media, lo que sugiere una distribución más simétrica en comparación con las condiciones anteriores. La moda se mantiene en 7.00. La desviación estándar aumenta a 0.54, y el coeficiente de variación también sube a 7.31%, reflejando una variabilidad levemente mayor. Sin embargo, lo más notable es el aumento del rango, desde un mínimo de 5.30 hasta un máximo de 9.30, lo cual indica una mayor dispersión general y presencia de valores extremos más marcados, especialmente por el descenso en el valor mínimo. En conjunto, agregar 1 litro de melaza eleva el promedio de los valores, mejora la simetría de la distribución, pero también aumenta la dispersión y la presencia de valores atípicos.

Figura 29

Monitorización del PH del compost mediante grafico de control con 1 litro de melaza



En Figura 29, con 1 L de la solución de melaza se obtiene un promedio general de pH 7.42 y el compost obtenido al final con pH 7.30.

Tabla 8

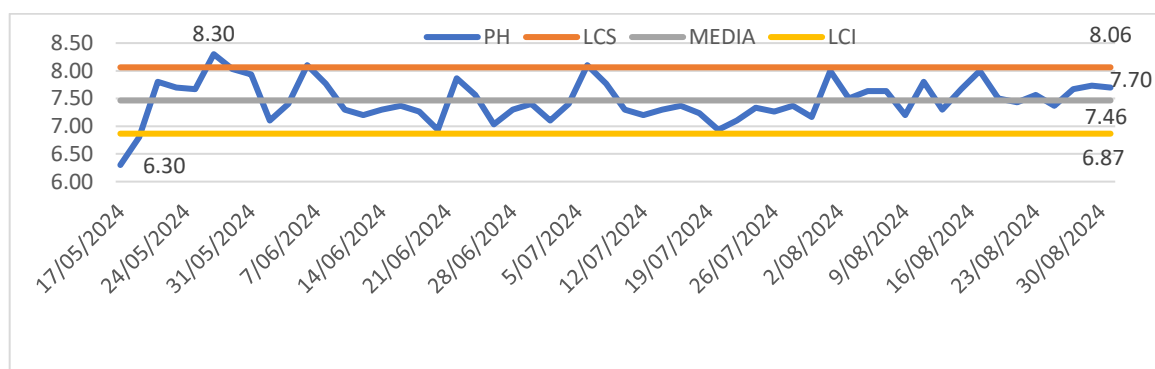
Medidas descriptivas del PH en el proceso de compost con 1.5 litros de melaza

Estadísticos	
Se agrega 1.5 litros de melaza	
N	162
Coefic. Variac.	6.289
Media	7.4642
Mediana	7.5000
Moda	7.80
Desv. Estándar	0.46939
Mínimo	6.00
Máximo	8.70

La Tabla 8, con 162 observaciones, esta condición muestra la media más alta de todas (7.46), indicando que al agregar 1.5 litros de melaza, los valores promedio aumentan aún más. La mediana (7.50) y la moda (7.80) también son las más elevadas hasta ahora, lo que sugiere que la mayoría de los valores están concentrados en un rango superior. Además, la distribución parece simétrica o ligeramente asimétrica a la izquierda ($\text{media} < \text{mediana} < \text{moda}$), lo contrario a las condiciones anteriores. La desviación estándar disminuye a 0.47 y el coeficiente de variación cae a 6.29%, el más bajo entre todas las condiciones, indicando que esta es la distribución más homogénea y menos dispersa del conjunto. El rango va de 6.00 a 8.70, sin valores extremos pronunciados. En resumen, agregar 1.5 litros de melaza mejora el promedio, reduce la variabilidad y concentra los valores en torno a un nivel más alto, mostrando una mayor uniformidad y eficacia en esta condición.

Figura 30

Monitorización del PH del compost mediante grafico de control con 1.5 litros de melaza



En la Figura 30, con 1.5 L de la solución de melaza se obtiene un promedio general de pH 7.46 y el compost obtenido al final con pH 7.70.

5.1.2. Resultados de la masa por mes del proceso de compostaje

5.1.2.1. Resultados de la masa por mes del proceso de compostaje

Tabla 9

Masa por mes del proceso de compostaje

Melaza (L)	Repeticiones			Promedio (Kg)
	R1 (Kg)	R2 (Kg)	R3 (Kg)	
Fecha: 17-05-2024				
0	50	50	50	50
0.5	50	50	50	50
1	50	50	50	50
1.5	50	50	50	50
Fecha: 18-06-2024				
0	39,5	40,1	39,6	39,7
0.5	37,4	33,0	35,4	35,2
1	35,0	32,0	33,3	33,4
1.5	35,2	29,2	31,0	31,8
Fecha: 18-07-2024				
0	19,2	18,0	20,3	19,2
0.5	17,1	15,3	18,0	16,8
1	15,8	13,1	17,1	15,3
1.5	14,6	11,0	15,0	13,5
Fecha: 17-08-2024				
0	12,8	10,0	14,1	12,3
0.5	9,0	6,5	10,4	8,6
1	9,0	5,0	9,8	7,9
1.5	8,5	4,0	9,1	7,2

En la Tabla 9, se verifica la pérdida de masa por mes, teniendo una masa inicial de 50 Kg y su masa final a los 3 meses.

5.1.2.2. Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov)

Tabla 10

Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0 litros de melaza	0.235	4		0.934	4	0.617
0.5 litros de melaza	0.218	4		0.959	4	0.774
1 litro de melaza	0.227	4		0.951	4	0.724
1.5 litros de melaza	0.235	4		0.941	4	0.663

a. Corrección de significación de Lilliefors

Las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov (con corrección de Lilliefors) y Shapiro-Wilk fueron aplicadas a los datos correspondientes a cada uno de los tratamientos con diferentes cantidades de melaza (0, 0.5, 1 y 1.5 litros). En todos los casos, el valor de significación de la prueba de Shapiro-Wilk fue mayor a 0.05, lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad. Por tanto, se puede concluir que los datos presentan una distribución normal.

5.1.2.3. Resultados de las pruebas de homogeneidad de varianzas y ANOVA del volumen de la descompensación de residuo orgánico

Tabla 11

Verificación del Supuesto de Igualdad de Varianzas (Estadístico de LEVENE).

Pruebas de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Peso	Se basa en la media	0.009	3	12	0.999
	Se basa en la mediana	0.008	3	12	0.999
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.008	3	10.946	0.999
	Se basa en la media recortada	0.009	3	12	0.999

La prueba de Levene se utiliza para evaluar la homogeneidad de varianzas entre los tratamientos. En todas las variantes de esta prueba (basadas en la media, mediana, mediana con grados de libertad ajustados y media recortada), el valor de significación fue de 0.999. Esto indica que no se rechaza la hipótesis nula de igualdad de varianzas, por lo que se cumple el supuesto de homocedasticidad, por consiguiente, continuamos con el análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 12

ANOVA del volumen de la descompensación de material orgánico

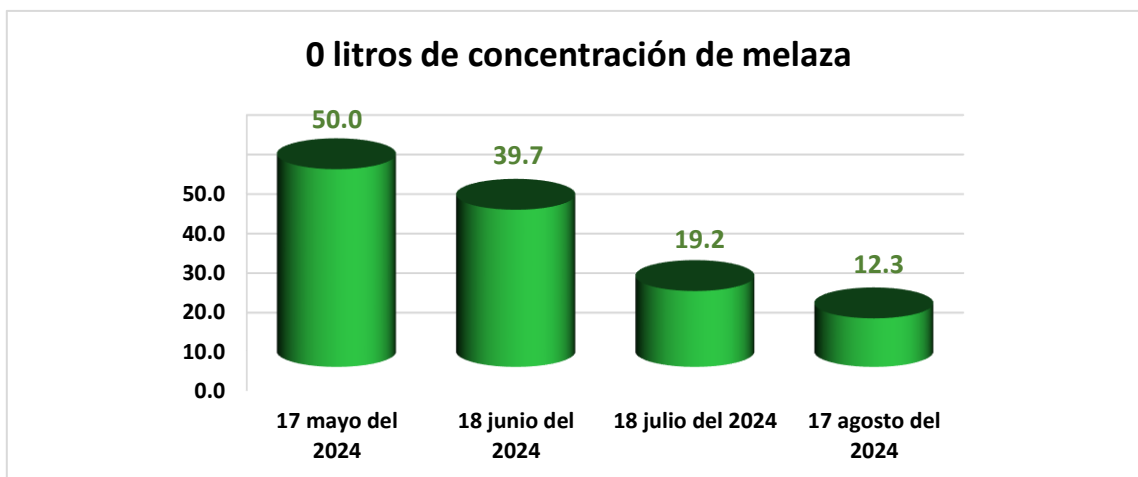
ANOVA					
Peso	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	46.342	3	15.447	0.044	0.987
Dentro de grupos	4193.208	12	349.434		
Total	4239.549	15			

Los resultados de la tabla 12 del análisis de varianza indican que no hubo diferencias estadísticamente significativas en el peso entre los tratamientos con 0, 0.5, 1 y 1.5 litros de melaza el valor de $F=0.044$ con el valor Sig. de 0.987. Esto sugiere que, en las condiciones del experimento, la cantidad de melaza aplicada no influyó de manera significativa en el peso registrado. Por lo tanto, no se puede atribuir un efecto estadísticamente detectable del tratamiento con melaza sobre esta variable que es el peso.

5.1.2.4. Resultados de la masa por mes para los distintos volúmenes de melaza

Figura 31

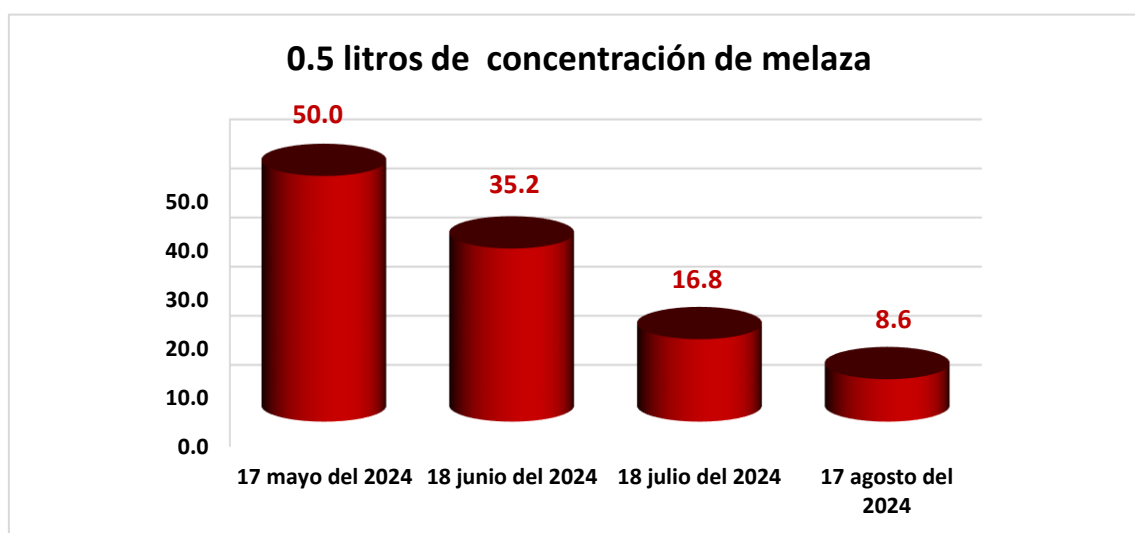
Comportamiento del volumen de compost con 0 litros de melaza



En la Figura 31, se muestra la disminución de la masa por mes en el proceso de compostaje con 0 L de melaza, inicialmente tiene una masa de 50 Kg y al tercer mes por el proceso de degradación tiene una masa de 12.3 Kg.

Figura 32

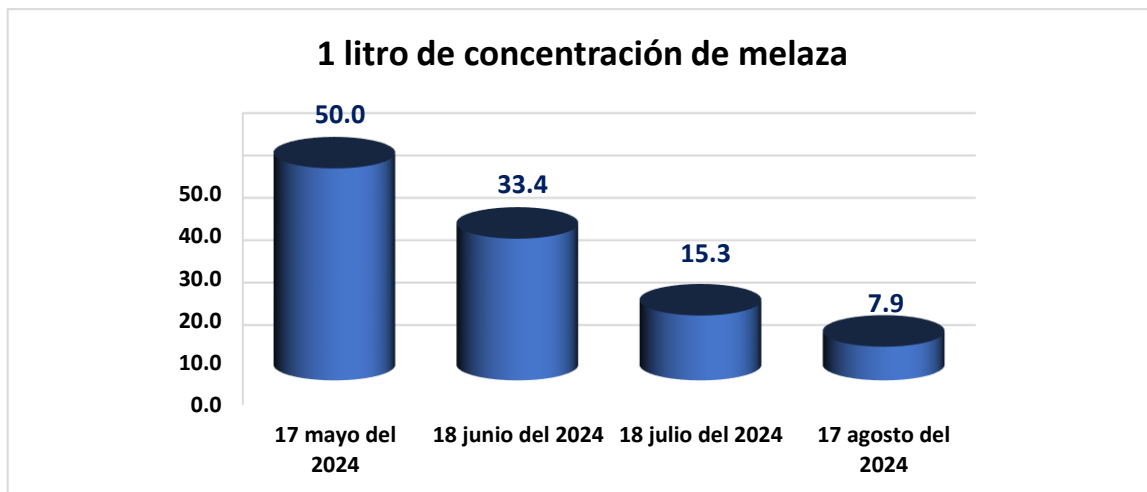
Comportamiento del volumen de compost con 0.5 litros de melaza



En la Figura 32 se muestra la disminución de la masa por mes en el proceso de compostaje con 0.5 L de melaza, inicialmente tiene una masa de 50 Kg y al tercer mes por el proceso de degradación tiene una masa de 8.6 Kg.

Figura 33

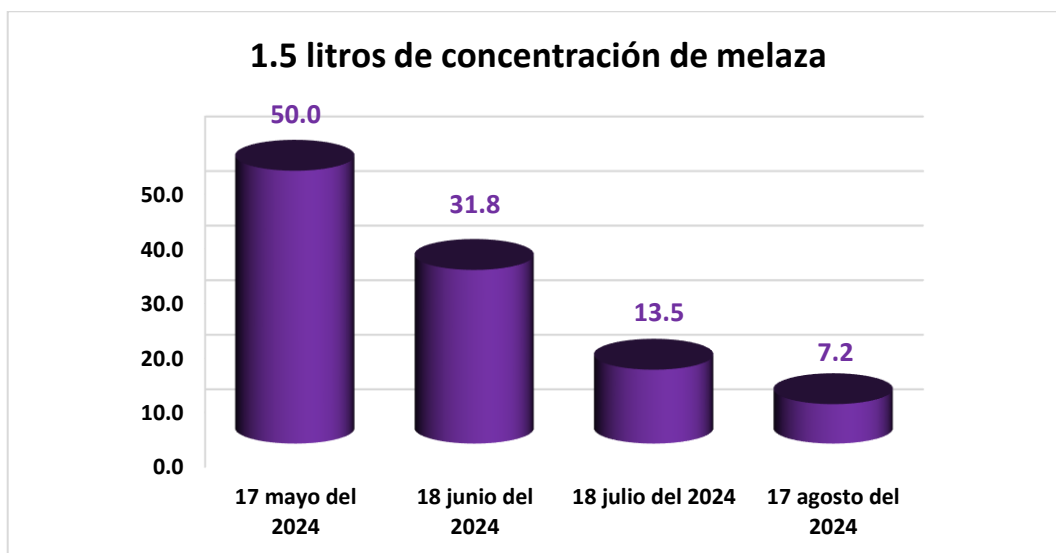
Comportamiento del volumen de compost con 1 litro de melaza



En la Figura 33, se muestra la disminución de la masa por mes en el proceso de compostaje con 1 L de melaza, inicialmente tiene una masa de 50 Kg y al tercer mes por el proceso de degradación tiene una masa de 7.9 Kg.

Figura 34

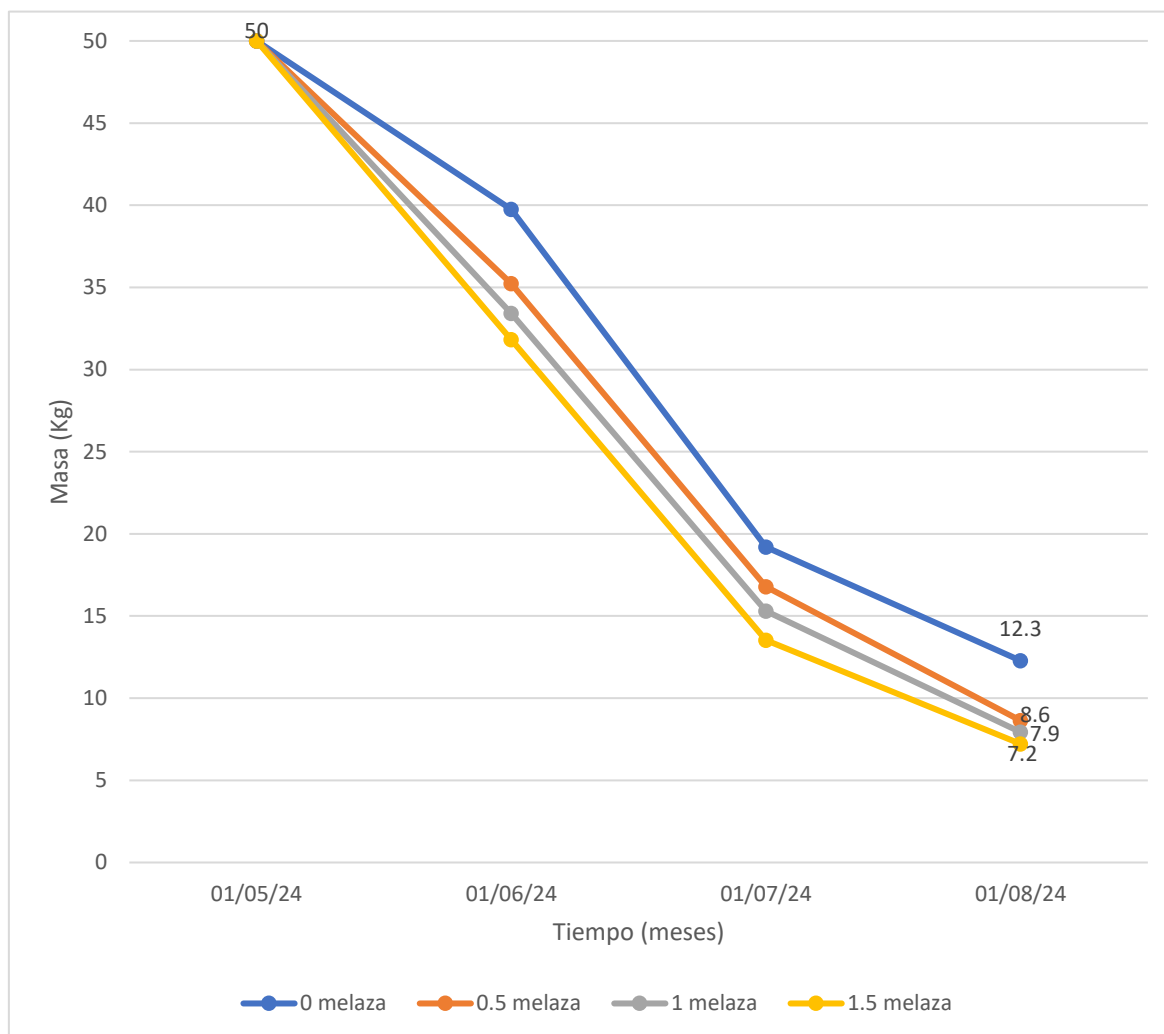
Comportamiento del volumen de compost con 1.5 litros de melaza



En la Figura 33, se muestra la disminución de la masa por mes en el proceso de compostaje con 1.5 L de melaza, inicialmente tiene una masa de 50 Kg y al tercer mes por el proceso de degradación tiene una masa de 7.2 Kg.

Figura 35

Comportamiento del volumen de compost durante todo el proceso



En la Figura 34 se observa la comparación de la pérdida de masa del proceso de compostaje por mes con los 4 volúmenes de melaza, donde se verifica que con 1.5 L de melaza (mayor volumen) se tiene una mayor pérdida de masa llegando a los 3 meses de 50 Kg a 7.2 Kg (reducción en un 14,4 %), sin embargo, con 0 L de melaza tiene la menor pérdida de masa teniendo una masa final de 12.3 Kg (reducción en un 24.6%).

5.1.3. Resultados de ANOVA para el nitrógeno

5.1.3.1. Resultados de prueba de normalidad para el nitrógeno

Tabla 13

Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cero litros de melaza	,366	3	.	,794	3	,101
Medio litro de melaza	,350	3	.	,829	3	,187
Un litro de melaza	,306	3	.	,905	3	,400
Uno y medio litros de melaza	,176	3	.	1,000	3	,978

a. Corrección de significación de Lilliefors

La Tabla 13, muestra las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk se aplicaron a los datos agrupados por volumen de melaza, con muestras pequeñas (n=3 por grupo). En todos los casos, el valor p no es menor a 0.05 (aunque en Kolmogorov-Smirnov no se especifican valores exactos, el Shapiro-Wilk muestra $p > 0.10$ en todos los grupos), lo que indica que no se rechaza la hipótesis de normalidad para ningún volumen.

5.1.3.2. Resultados de prueba de homogeneidad de varianzas para el nitrógeno

Tabla 14

Verificación del Supuesto de Igualdad de Varianzas (Estadístico de LEVENE)

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico	gl1	gl2	Sig.
		de Levene			
Nitrógeno	Se basa en la media	9,288	3	8	,006
	Se basa en la mediana	,774	3	8	,540
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,774	3	2,204	,599
	Se basa en la media recortada	7,664	3	8	,010

La prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas en el nitrógeno presenta resultados mixtos según el método usado. Cuando se basa en la media o en la media recortada, el valor de significancia es menor a 0.05 ($p = 0.006$ y $p = 0.010$ respectivamente), lo que indica que las varianzas no son iguales entre los grupos. Sin embargo, cuando se usa la mediana o la mediana con grados de libertad ajustados, los valores p son mayores a 0.05 (0.540 y 0.599), sugiriendo que las varianzas sí podrían considerarse homogéneas.

Esto indica que la homogeneidad de varianzas no es concluyente y depende del método de cálculo. En general, dado que algunos métodos indican desigualdad, se recomienda considerar métodos robustos o no paramétricos para el análisis estadístico del nitrógeno.

5.1.3.3. Resultados de pruebas robustas de igualdad de medias para el nitrógeno

Tabla 15
Verificación del estadístico de Welch para el Nitrógeno

Pruebas robustas de igualdad de medias				
Nitrógeno				
	Estadístico ^a	gl1	gl2	Sig.
Welch	,369	3	4,215	,780
a. F distribuida de forma asintótica				

La prueba de Welch para igualdad de medias del nitrógeno arrojó un valor estadístico de 0.369 con un nivel de significancia $p = 0.780$, lo que indica que no hay diferencias significativas en las medias de nitrógeno entre los grupos evaluados. Esto sugiere que, independientemente de las posibles diferencias en varianzas, los niveles medios de nitrógeno son estadísticamente similares entre las distintas condiciones o tratamientos.

5.1.3.4. Resultados de comparaciones múltiples para el nitrógeno

Tabla 16

Comparaciones múltiples para el Nitrógeno

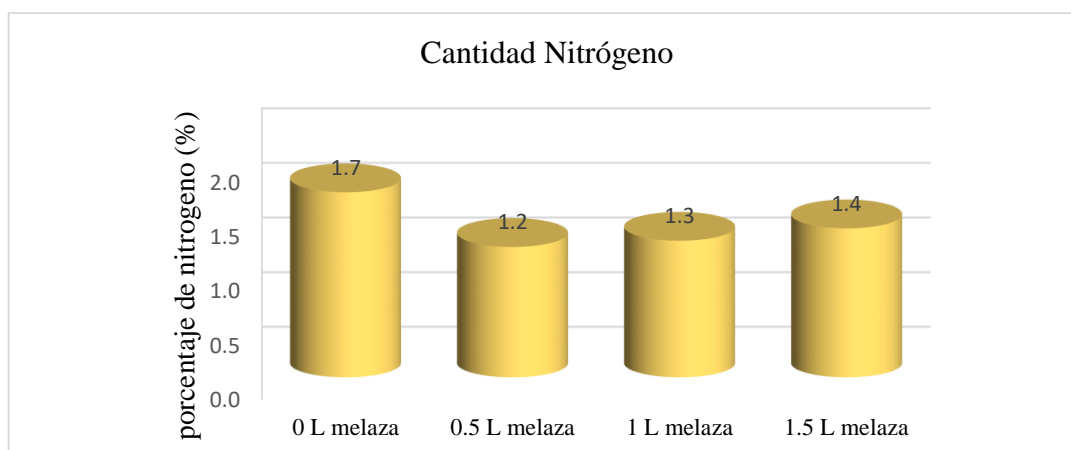
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Nitrógeno						
Games-Howell						
(I)	(J)	Diferencia	Desv.	Sig.	Intervalo de confianza al	
Grupos	Grupos	de medias	Error		95%	
		(I-J)			Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	,50000	,66024	,869	-3,8961	4,8961
	3,00	,44333	,66142	,901	-3,9278	4,8145
	4,00	,33000	,67061	,954	-3,8649	4,5249
2,00	1,00	-,50000	,66024	,869	-4,8961	3,8961
	3,00	-,05667	,13157	,970	-,5944	,4811
	4,00	-,17000	,17192	,766	-,9515	,6115
3,00	1,00	-,44333	,66142	,901	-4,8145	3,9278
	2,00	,05667	,13157	,970	-,4811	,5944
	4,00	-,11333	,17638	,912	-,8897	,6630
4,00	1,00	-,33000	,67061	,954	-4,5249	3,8649
	2,00	,17000	,17192	,766	-,6115	,9515
	3,00	,11333	,17638	,912	-,6630	,8897

Con esto corroboramos que el promedio de nitrógeno al realizar las diferentes mezclas de melaza es la misma.

5.1.3.5. Resultados del comportamiento del nitrógeno en función al volumen de melaza

Figura 36

Comportamiento del nitrógeno en función al volumen de melaza



En la Figura 35 se observa que con un volumen de 0 L de melaza se obtiene un buen contenido de nitrógeno siendo 1.7 % con 50 Kg de masa inicial de residuos orgánicos, verificando que para un buen contenido de nitrógeno no es necesario la adición de melaza en el proceso de degradación para la obtención de compost.

5.1.4. Resultados de ANOVA para el fosforo

5.1.4.1. Resultados de prueba de normalidad para el fosforo

Tabla 17

Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0 litros de melaza	,234	3	.	,978	3	,719
0.5 litros de melaza	,376	3	.	,771	3	,047
1 litro de melaza	,276	3	.	,942	3	,537
1.5 litros de melaza	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Observamos el estadístico de Shapiro – Wilk, que se cumple el supuesto de normalidad salvo en los datos del medio litro de melaza, pero en el resto los datos provienen de una población que sigue una distribución normal.

Veremos el supuesto de homogeneidad de varianzas, para ellos utilizamos el estadístico de Levene.

5.1.4.2. Resultados de prueba de homogeneidad de varianzas para el fosforo

Tabla 18

Verificación del supuesto de igualdad de varianzas (Estadístico de LEVENE)

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Fosforo	Se basa en la media	1,672	3	8	,249
	Se basa en la mediana	,264	3	8	,850
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,264	3	4,810	,849
	Se basa en la media recortada	1,495	3	8	,288

Como el sig. 0.249 de la prueba de Levene es mayor a 0.05, concluimos que los datos tienen varianzas iguales, por consiguiente, realizamos una prueba anova.

5.1.4.3. Resultados de detección de diferencias significativas en el contenido de fósforo, ANOVA

Tabla 19

Detección de Diferencias Significativas en el Contenido de Fósforo

ANOVA					
Fosforo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,067	3	,022	,810	,523
Dentro de grupos	,219	8	,027		
Total	,285	11			

Como el valor sig. es 0.523 el cual es mayor a 0.05, concluimos que el valor promedio de fósforo es el mismo aun cuando se realizan las mezclas de melaza, realizamos una prueba alternativa para ver los grupos a considerar.

5.1.4.4. Resultados de comparaciones múltiples para el fósforo

Tabla 20

Comparaciones múltiples para el fósforo

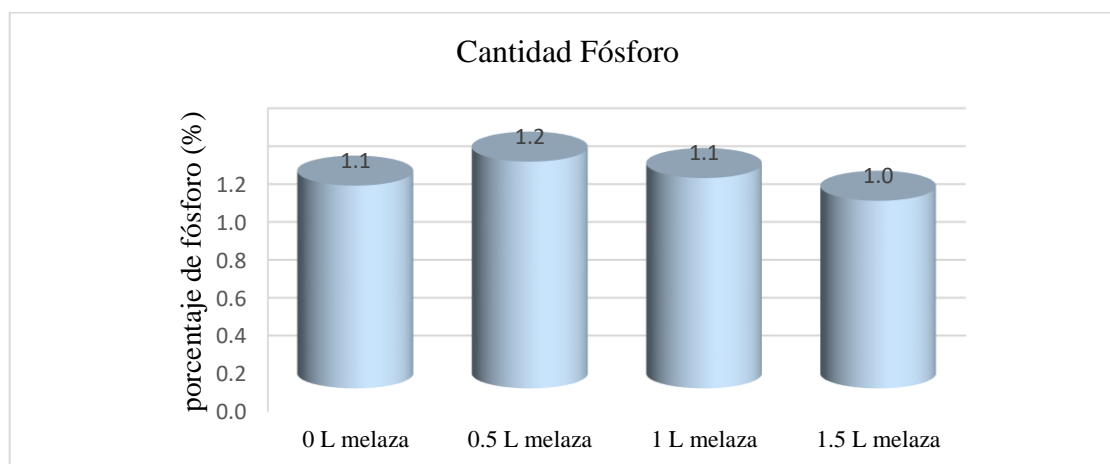
Fosforo			
	Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05 1
HSD Tukey ^a	4,00	3	,9900
	1,00	3	1,0700
	3,00	3	1,1100
	2,00	3	1,1967
	Sig.		,465
Duncan ^a	4,00	3	,9900
	1,00	3	1,0700
	3,00	3	1,1100
	2,00	3	1,1967
	Sig.		,188

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

5.1.4.5. Resultados del comportamiento del fósforo en función al volumen

de melaza



En la Figura 36, se observa que con un volumen de 0.5 L de melaza se obtiene un buen contenido de nitrógeno siendo 1.2 % con 50 Kg de masa inicial de residuos orgánicos, verificando que para un buen contenido de fósforo es necesario la adición de melaza en el proceso de degradación para la obtención de compost, mas no excederse del volumen señalado.

5.1.5. Resultados de ANOVA para el potasio

5.1.5.1. Resultados de prueba de normalidad para el potasio

Tabla 21

Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro – Wilk / Kolmogorov - Smirnov)

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadísti co	gl	Sig.	Estadísti co	gl	Sig.
0 litros de melaza	,185	3	.	,998	3	,925
0.5 litros de melaza	,276	3	.	,942	3	,537
1 litro de melaza	,229	3	.	,982	3	,740
1.5 litros de melaza	,292	3	.	,923	3	,463

a. Corrección de significación de Lilliefors

Observando el estadístico Shapiro – Wilk, todos los datos son mayor a 0.05, esto nos indica que lo datos proviene de una población que tiene distribución normal.

Del mismo modo veremos el supuesto de homogeneidad de varianzas.

5.1.5.2. Resultados de prueba de homogeneidad de varianzas para el potasio

Tabla 22

Verificación del supuesto de igualdad de varianzas (Estadístico de LEVENE)

		Prueba de homogeneidad de varianzas			
		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Potasio	Se basa en la media	1,941	3	8	,202
	Se basa en la mediana	1,238	3	8	,358
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,238	3	4,874	,390
	Se basa en la media recortada	1,896	3	8	,209

Observando el estadístico de Levene 0.202 este es mayor que 0.05 lo cual nos indica que se cumple el supuesto de homogeneidad de varianzas, por consiguiente, realizamos la prueba anova.

5.1.5.3. Resultados de detección de diferencias significativas en el contenido potasio, ANOVA

Tabla 23*Detección de diferencias significativas en el contenido de Potasio*

ANOVA					
Potasio	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,327	3	,442	2,572	,127
Dentro de grupos	1,376	8	,172		
Total	2,702	11			

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable Potasio muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados (0 kg, 0.5 kg, 1 kg y 1.5 kg de melaza), ya que el valor de significancia ($p = 0,127$) es mayor que el establecido de 0,05. Esto indica que, en este contexto, los niveles de potasio son similares entre los grupos estudiados.

5.1.5.4. Resultados de comparaciones múltiples para el potasio

Tabla 24*Comparaciones múltiples para el potasio*

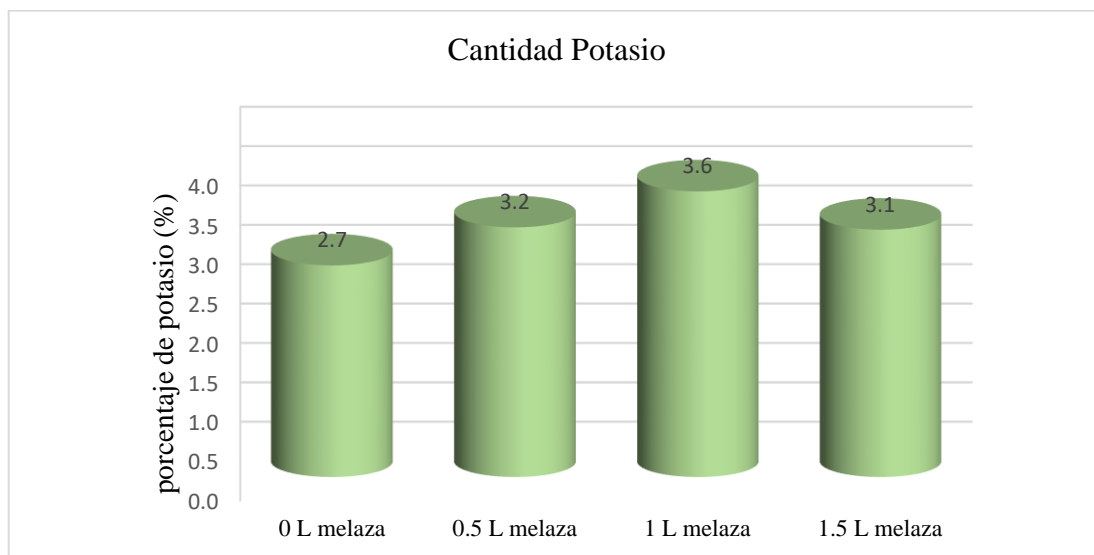
Potasio				
	Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey ^a	1,00	3	2,6867	
	4,00	3	3,1400	
	2,00	3	3,1700	
	3,00	3	3,6267	
	Sig.		,091	
Duncan ^a	1,00	3	2,6867	
	4,00	3	3,1400	3,1400
	2,00	3	3,1700	3,1700
	3,00	3		3,6267
	Sig.		,208	,205

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

5.1.5.5. Resultados del comportamiento del potasio en función al volumen de melaza

Figura 37

Comportamiento del potasio en función al volumen de melaza



En la Figura 37, se observa que con un volumen de 1 L de melaza se obtiene un buen contenido de potasio siendo de 3.6 % con 50 Kg de masa inicial de residuos orgánicos, verificando que para un buen contenido de potasio es necesario la adición de melaza en el proceso de degradación para la obtención de compost.

5.2. Discusión

Según el estudio realizado y los resultados obtenidos el volumen óptimo de melaza para el compostaje de 50 kg de residuo orgánico es de 1.5 L, debido que con este volumen se obtuvo una buena degradación en un tiempo de 3 meses además de ser compostado en un lugar de clima frío como es la ciudad de Cusco, así mismo con este volumen se obtuvo una máxima temperatura de 43°C en la etapa termófila, y en relación a la calidad del producto obtenido la cantidad de melaza dependerá del macroelemento que quiera obtener, es decir si se requiere 1.7 % de nitrógeno (N) se puede trabajar sin melaza, y si necesita obtener 1.20 % de fósforo (P) puede añadir 0.5L de melaza o si quiere obtener 3.6 % de potasio (K) se puede añadir un volumen de 1L de melaza; también sin dejar a lado se obtuvo 1.4 % N, 1.0 % P y 3.1 % K con un volumen de 1.5 L de melaza que también son significativas en la calidad del producto de compost. Por consiguiente, el uso de melaza tiene un efecto significativo para la elaboración de compost, obteniendo en menor tiempo frente a un tratamiento convencional sin melaza, además de tener una buena calidad de N, P y K haciendo que el residuo orgánico en descomposición llegue a mayores temperaturas durante el proceso de compostaje; por esta razón, se recomienda el uso de melaza para este proceso.

En el presente estudio el tiempo de descomposición de residuos orgánicos fue en un periodo de 3 meses aproximadamente con un volumen de 1.5 L de melaza degradando de 50 kg a 7.2 kg de compost siendo muy significativa para el proceso de compostaje, es decir, que al añadir melaza a los residuos orgánicos para su descomposición ayuda a proliferar la actividad microbiana por los nutrientes de la melaza así como lo indica (Restrepo, 2001). De acuerdo con los antecedentes, lo encontrado en la presente investigación coinciden relativamente con la investigación de Meza (2019), para la obtención de compost utilizo aditivos de EM (microorganismos eficientes) y melaza obteniendo su producto en 30 días, esto quiere decir que en su investigación la melaza mezclado con otros aditivos da mejores

resultados en el tiempo de degradación de material orgánico; y según la investigación de Pasqualotto (2022), obtuvo compost en 4 meses y medio descomponiendo de 582 t (toneladas) a 330 t (reducción a un 56.7 %), con estos resultados obtenidos se afirma que la melaza es un acelerador para el proceso de compostaje aun sin hacer el uso de otro aditivo o tengan diferentes tipos de residuos para su descomposición, por ende si la investigación de Meza (2019) hubiera realizado su descomposición solo con el uso de melaza mas no con EM (microorganismos eficientes) de igual manera hubiera obtenido en un periodo de 3 meses y en el caso de la investigación de Pasqualotto (2022), fue una descomposición natural sin la adición de un acelerador; pero si se añadía melaza en su descomposición se hubiera obtenido en menor tiempo el compost por lo que sería una alternativa muy útil por la gran cantidad de material orgánico a compostar.

En relación al contenido de nutrientes como es el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) las mayores cantidades fueron 1.7 % de nitrógeno (N) sin melaza, 1.20 % de fósforo (P) con 0.5L de melaza y 3.6 % de potasio (K) con 1L de melaza, donde se observa que cuanto más melaza se use no siempre se tendrá mayor cantidad de N, P y K por lo tanto se debe usar un volumen específico si se necesita un tipo de nutriente en específico. Según la investigación de Tsukanka (2023) elaboró compost a partir de 200 kg de bagazo de caña, 200 kg de hojas de plátano y 643,9 kg de hojas de piña (total 1043.9 Kg), dando como mejor resultado en su investigación utilizando 3000ml de MB (microorganismos benéficos) y dando como calidad del producto 2.2 % de nitrógeno, 1.12 % fósforo y 1.12 % potasio y según la investigación de Zapata (2023) el mejor resultado se obtuvo con 50 kg de estiércol de cuy con 450 kg de residuos orgánicos (total 500 Kg), obteniendo un compost con 1.62 % N, 0.9 % P y 0.84 % K; según los resultados obtenidos con la investigación de Tsukanka (2023) se tienen similares resultados a un siendo diferente el aditivo que contine, en el contenido del N y P se tiene porcentajes similares mientras que el K con el uso de melaza

fue mucho mayor, tomando en cuenta que fueron residuo orgánicos diferentes por lo que influye mucho en la obtención de nutrientes y sea la causa de su diferencia, pero dando a conocer que sigue siendo factible para posteriores experimentos el uso de melaza y microorganismos benéficos que podrían dar mejores resultados en el contenido de nutrientes; pero si la investigación de Zapata (2023) hubiera realizado la adición de melaza obtendría mejores resultados en la calidad de P y K que al usar estiércol de cuy, esto se debe a que la melaza aumenta la proliferación de microorganismos que hacen que degrade mucho mejor el material orgánico durante el proceso de compostaje obteniendo buenos resultados.

En el presente trabajo se obtuvo la máxima temperatura de 43 °C con un volumen de 1.5 L de melaza y teniendo como temperatura final de 18.5 °C mientras que al realizar el proceso de compostaje sin melaza la máxima temperatura fue de 41 °C con temperatura final de 18.4 °C, esta diferencia posiblemente se deba al uso de melaza haciendo que sea mucho mayor la proliferación de microorganismos y favoreciendo la actividad microbiana para genere más temperatura. Según Tsukanka (2023) donde utilizó microorganismos benéficos para elaborar compost a partir 200 kg de bagazo de caña, 200 kg de hojas de plátano y 643,9 kg de hojas de piña, durante su proceso la temperatura máxima alcanzó a 40.86 °C y teniendo una temperatura final de 19.29 °C, y que Pasqualotto (2022) donde utilizo 582 toneladas de materia residual orgánica para compostar, la etapa termófila alcanzo a una máxima temperatura de 68.1 °C y obteniendo como temperatura final de 45 y 55°C; En comparación al estudio de Tsukanka (2023) se tienen similares temperaturas al final del proceso, sin embargo, la temperatura más alta fue obtenida utilizando melaza por la posible causa que genera en la proliferación de microorganismos como antes mencionados. Mientras que en la investigación de Pasqualotto (2022) esta alta temperatura se deba a que se realizó en un lugar cálido la cual favorece la mejor eliminación de microorganismos como quistes,

helminos entre otros, a diferencia del presente trabajo que se realizó en un clima frío y alcanzo una temperatura máxima de 43 °C aun usando melaza para el proceso de compostaje.

VI. Conclusión

- En la presente investigación se identificó el efecto de la melaza en el proceso de compostaje de residuos orgánicos generados por la población del distrito de Saylla; por lo que se concluye que la adición de melaza tiene un efecto significativo durante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos, ya que al añadir melaza en el material orgánico incrementa la temperatura en minutos provocando así la actividad de los microorganismos presentes por ende acelerando la descomposición de los residuos.
- En relación al tiempo de descomposición de los residuos orgánicos con la adición de melaza fue de 3 meses aproximadamente con un volumen de 1.5 L de melaza ya que su degradación fue de 50 kg de material orgánico a 7.2 kg de compost, mientras que al no hacer uso de melaza su descomposición durante 3 meses fue de 50 kg de material orgánico a 12.3 kg de compost, teniendo en cuenta que su etapa de maduración no culminó durante los 3 meses.
- La calidad del nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el producto obtenido dependerá de la cantidad de melaza que haga uso para la descomposición del material orgánico, teniendo como resultado 1.7 % de nitrógeno (N) sin el uso de melaza, 1.20 % de fósforo (P) con 0.5 L de melaza y 3.6 % de potasio (K) con 1 L de melaza.
- En relación al nivel de temperatura, al añadir un volumen de 1.5 L de melaza en el material orgánico para su descomposición se obtuvo una temperatura máxima de 43 °C en la etapa mesófila, así mismo teniendo como temperatura máxima final de 18.5°C en la etapa de maduración; mientras la temperatura máxima sea más alta en el proceso de descomposición se eliminarán bacterias o patógenos presentes en el material orgánico.

- El volumen óptimo de melaza para la elaboración de compost en 50 kg de material orgánico es de 1.5 L de melaza, ya que se obtuvo una descomposición de material orgánico en 3 meses aproximadamente; llegando a una temperatura máxima de 43°C y en cuanto a la calidad del producto obtenido fue 1.4 % N, 1.0 % P y 3.1 % K con 1.5 L de melaza que también son significativas en el contenido del compost.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda a la municipalidad distrital de Saylla realizar evaluaciones sobre la disposición final de los residuos orgánicos que se vienen generando en el distrito, y se puedan tomar decisiones, realizar ordenanzas municipales para que posteriormente se trabaje de la mano con la población en lo que acontece el manejo adecuado de los residuos orgánicos y de esta manera se realice el recojo en horarios programados para ser valorizados en una planta de compostaje mediante el uso de melaza para su pronta descomposición y no afectar a la salud pública ni al medio ambiente.
- Para las personas que quieran realizar el proceso de compostaje en grandes cantidades, se recomienda hacer el uso de melaza con un volumen adecuado (1.5 L de melaza) para la descomposición de material orgánico ya que la melaza ayuda a acelerar el proceso de degradación; en muchas municipalidades para realizar el proceso de descomposición de residuos orgánicos utilizan microorganismos que generan costos adicionales a la entidad y por ende la forma más económica para realizar este procedimiento es haciendo el uso de melaza y obtener compost en un menor tiempo.
- Se recomienda a la municipalidad distrital de Saylla y así mismo a las personas hacer el uso del compost para mejorar la fertilidad del suelo y entre otros múltiples beneficios para las plantas y suelos, donde la calidad del producto obtenido con la adición de 0.5L de melaza contiene 1.20 % de fósforo (P) y con 1 L de melaza se obtiene 3.6 % de potasio (K) esto en 50 Kg de materia orgánica.

- Si se quiere realizar un estudio de investigación con el proceso de compostaje y uso de melaza es recomendable tener en cuenta la temperatura ambiente del lugar donde se realice el estudio, la presente investigación se realizó en la ciudad del Cusco donde se encuentra a una altitud aproximada de 3,399 msnm con épocas de lluvia, sequía y frío durante el año, por lo que dificulta la descomposición de los residuos orgánicos, teniendo en cuenta que la temperatura máxima obtenida en el proceso de compostaje fue de 43C° con 1.5 litros de melaza, mientras que en lugares cálidos la descomposición es mucho más efectiva.

VIII. Referencias

- Afanador Barajas, L. (2017). Biofertilizantes: conceptos, beneficios y su aplicación en Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/331454557_Biofertilizantes_conceptos_beneficios_y_aplicacion_en_Colombia
- Álbares Sánchez , A. R., Llerena Ramos, L. T., & Reyes Pérez, J. J. (2021). *Efecto de sustancias azucaradas en la descomposición de sustratos orgánicos para la elaboración de compost*. Ecuador.
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación*. Venezuela: Episteme.
- BancoMundial. (2018). *Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*.
- Bárcenas López, J., Albarado Zink, A., & Padilla Olivera, S. (2019). *Humus*. México.
- Barrantes Echevarria, R. (2006). *Investigación*. (EUNED, Ed.)
- Callizaya Estrada , D. (2019). *Elaboración de compost acelerado utilizando cuatro activadores en la localidad de Carabuco*. Bolivia.
- Carhuapoma Rosales, R. (2019). *Influencia del tamaño de partícula con agregado de estiércol en el tiempo de compostaje de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos generados en Sama Las Yaras, departamento de Tacna*. Tacna.
- Ceballos, M. (2020). *La calidad del aire en el Estado español durante 2019*. Madrid: Ecologistas en Acción. Obtenido de <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2020/06/informe-calidad-aire-2019.pdf>

- Chávez Cadena, M. J., & Tréboles Guanoluísa, K. J. (2023). *Evaluación de la eficiencia del proceso de compostaje a partir de diferentes tamaños de residuos orgánicos, como alternativa de manejo de desechos de la actividad florícola, Cayambe, 2022*. Ecuador.
- Cherlinka, V. (2025). Humedad del Suelo: Como medir y controlar su nivel. Ucrania: EOS Data Analytics. Obtenido de <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>
- Cruz Coria, E., & Velázquez Castro, J. A. (2019). *Formas, enfoques y tipos de investigación*. México.
- Danel Ruas, O. (2015). *Metodología de la investigación. Población y muestra*. Cuba.
- Esquivel Mata, G. (2017). Nutrientes esenciales para las plantas. Obtenido de http://www.drokasa.pe/application/webroot/imgs/notas/Nutrientes_Esenciales_para_las_Plantas.pdf
- Fernández Aguilar, E. M. (2024). *¿Quién inventó el compost?* Obtenido de Muyinteresante: <https://www.muyinteresante.com/curiosidades/8455.html>
- Florensa, P., & Martínez, J. (1991). *Horticultura y materia orgánica*.
- Four, B., & Cárdenas, R. E. (2020). La descomposición de la materia orgánica: un proceso crucial para sostener el funcionamiento de los bosques tropicales amazónicos. *ResearchGate*.
- Galantini, J., Landriscini, M. R., & Hevia, C. (2007). *Contenido y Calidad de la materia orgánica particulada del suelo*. Conicet, Argentina.
- Gómez Leal, R. (2020). División de ciencias básicas. México.
- Grand, A., & Michel, V. (2020). *Materia orgánica del suelo*. Australia: Best4Soil.

H, M. (2001). Suelo, compost y materia orgánica.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). Metodología de la investigación.

InfoRegión. (2025). *Reciclaje en Perú: Los desafíos del 2025 y las claves para un sistema sostenible*. Obtenido de <https://inforegion.pe/reciclaje-en-peru-los-desafios-del-2025-y-las-claves-para-un-sistema-sostenible/#:~:text=pa%C3%ADs%20genera%202023-,mil,-toneladas%20de%20residuos>

Instrumentos de medición EIRL. (2020). Hanna Instruments. Obtenido de <https://www.solitec.pe/product-brands/hanna-instruments/>

Larrea, C., Ilizarbe, Y., Mallqui, E., Callirgos, D., & Alvarado, D. (2025). Evaluación de métodos de compostaje para la transformación de desechos orgánicos en nutrientes. *Hatun Yachay Wasi*, págs. 4(1), 74-89.

López, P. L. (2004). Población, muestra y muestreo. *Scielo Analytics*, v.09(n.08).

Mansilla Canelo, G. (2014). Potencial de hidrogeniones- pH. *Revistas Bolivianas*. Obtenido de http://revistasbolivianas.umsa.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2304-37682014000100001&lng=es&nrm=iso

Marroquín Peña, R. (2013). Confiabilidad y validez de instrumentos de investigación.

Marroquín Peña, R. (2013). *Confiabilidad y validez de instrumentos de investigación*. Lima.

Meza Huaqui, D. (2019). *Microorganismos eficientes como biodegradadores de residuos sólidos orgánicos domiciliarios y del estiércol de cerdo para la producción de abono en Carabaylo, 2019*. Lima.

- Microbiología101 Lab. (2023). *Descomposición de materia orgánica y su papel en el ciclo del carbono*. Obtenido de Microbiología: <https://microbiologia101.com/descomposicion-de-materia-organica-y-su-papel-en-el-ciclo-del-carbono/>
- Ministerio del Ambiente Perú. (2020). Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales.
- Ministerio del Desarrollo Agrario y Riego. (2023). *Elaboracion de compost a partir de residuos de la cosecha de cacao*. Perú.
- Ministerio del Medio Ambiente. (6 de diciembre de 2018). *Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climatico*. Obtenido de <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/>
- Moller Chuquitapa, J. J., & Surco Ramos, R. R. (2022). *Contenedor ecológico para la generación de compost en la Institucion Educativa Emancipacion Americana - Tinta, Cusco, 2022*. Cusco.
- Municipalidad Distrital de Saylla. (2023). *Estudio de caracterización de residuos sólidos*. Cusco.
- Norma Técnica Peruana. (2021). Fertilizantes. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales. Requisitos.
- Norma técnica peruana. (2021). Fertilizantes: Compost a partir de residuos orgánicos municipales. Requisitos.
- Organización de las Naciones Unidas. (2024). *El mundo debe superar la era de los desechos y convertirlos en recursos: Informe de la ONU*.

- Ortega, C. (2025). *Investigación aplicada: Definición, tipos y ejemplos*. Estados Unidos: QuetionPro.
- Paredes Vazquez , E., & Trigozo Macedo, V. (2022). *Microorganismos eficientes en la producción de compost con residuos orgánicos domiciliarios, Banda de Shilcayo - 2022*. Tarapoto.
- Pascual Izquierdo, R., & Venegas Yuste, S. (2013). *La materia orgánica del suelo. Papel de los microorganismos*. Universidad de Granada. Universidad de Granada, Granada.
- Pasqualotto, N. (2022). *Caracterización y aprovechamiento de residuos orgánicos de bodega: compostaje y obtención de enmienda para uso agrícola*. Argentina.
- Quispehuanca Chilo, R. M. (27 de Julio de 2025). Jaquira al limite: la batalla contra la basura en el Cusco. *El diario del Cusco*.
- Ramos Galarza, C. (2020). *Los alcances de una investigación*. Ecuador: CienciAmérica.
- Restrepo Rivera, J. (2001). Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares.
- Revista Tecnica de Medio Ambiente. (2024). *La Gestión de residuos a escala global: Presente y futuro*.
- Reyes Moya, K. C. (2022). *Potencial de generación de compost a partir de residuos sólidos - provincia de Chupaca 2021*. Huancayo .
- Román , P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile.

- S.Pellegrino Young Chef. (03 de noviembre de 2021). La miel de caña o melaza: propiedades y beneficios. Obtenido de <https://www.finedininglovers.com/es/articulo/la-miel-de-cana-o-melaza-propiedades-y-beneficios>
- Sánchez Montoya, M. d. (2021). *Los organismos descomponedores: diversidad*. España.
- Sanclemente Reyes, Ó., García Arboleda, M., & Valencia Trujillo, F. (2011). Efecto del uso de melaza y microorganismos eficientes sobre la tasa. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. (2013). *Calidad del aire: una práctica de vida*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Obtenido de <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>
- Sociedad de Comercio Exterior del Perú. (2022). Solo aprovechamos el 1% de residuos orgánicos e inorgánicos que generamos. ComexPerú. *ComexPerú*. Obtenido de <https://www.comexperu.org.pe/articulo/solo-aprovechamos-el-1-de-residuos-organicos-e-inorganicos-que-generamos>
- Tsukanka Sharup, N. F. (2023). *Compostaje de residuos de piña, caña y plátano con aplicación de microorganismos benéficos, en la finca “Doña Luisa”, cantón Gualaquiza*. Ecuador.
- Vargas, N. (24 de enero de 2018). *Gestión de residuos sólidos en la ciudad del Cuzco*. Obtenido de <https://puntoedu.pucp.edu.pe/noticia/gestion-de-residuos-solidos-en-la-ciudad-del-cuzco/>

Vega Baudrit, J., Delgado Montero, K., Sibaja Ballesteros, M., Albarado Aguilar, P., & Barrientos Ramírez, S. (2007). Empleo de melaza de caña de azúcar para la obtención y caracterización de poliuretano potencialmente biodegradable. *Revista Iberoamericana de polímeros*.

Vidal Romero, L. C. (2023). *Microorganismos eficientes en la descomposición de residuos sólidos orgánicos y obtención de compost en Castillo Grande, Perú*. Tingo María.

Zapata Callañaupa, J. H. (2023). *Efectividad de compost a base de dos tipos de estiércol en el rendimiento de Beta vulgaris var. Fordhook Giant, distrito de Anta - Cusco*. Anta-Cusco.

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