

Compost obtained from organic waste in the city of Lima, 2022

Estefano Arellano Cisterna, Br.¹, Nickolas Colan Paredes, Br.², Magda Velásquez Marín, MSc.³, Emilio Augusto Rosario Pacahuala, Dr.⁴, Aldo Rafael Medina Gamero, MSc.⁵, Rossmery Albarran Taype, MSc.⁶, Janett Isabel Sanchez Pimentel, Dra.⁷

^{1,2,3,4,5,6} Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, consultoriainvestigacion2@gmail.com, investigacionuniversitaria2226@gmail.com, magda.velasquez@upn.edu.pe, emilio.rosario@upn.edu.pe, aldo.medina@upn.edu.pe, rossmery.albarran@upn.edu.pe

⁷Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú, jsanchezp2@usmp.pe

Abstract: *In the present research work, the evaluation of the quality of the compost obtained from organic waste in the city of Lima-2022 was carried out. The problem lies in the mismanagement of solid waste by street vendors, merchants and civilians. This generates waste such as fruit peels, sawdust, sheep feces, among others. Bringing as consequences a direct impact to the ground, in addition to possible sources of health risk. The design of a compost bin was carried out taking into account the methodology used in the research project Preparation of compost from the organic waste generated in the cleaning of the plant of the company COPEINCA SAC Finally the sample was taken to the accredited laboratory System of services and chemical analysis S.A.C (SLAB), obtaining a quality compost within the parameters provided by the WHO and the comparison with the Chilean regulation 2880 was also made.*

Keywords: *Module design, social housing, ecological fibrablock.*

Compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la ciudad de Lima, 2022

Estefano Arellano Cisterna, Bachiller¹, Nickolas Colan Paredes, Bachiller², Magda Velásquez Marín, Magíster³, Emilio Augusto Rosario Pacahuala, Doctor⁴, Aldo Rafael Medina Gamero, Magíster⁵, Rossmery Albarran Taype, Magíster⁶, Janett Isabel Sanchez Pimentel, Doctora⁷

^{1,2,3,4,5,6} Universidad Privada del Norte, Lima, Perú, consultoriainvestigacion2@gmail.com, investigacionuniversitaria2226@gmail.com, magda.velasquez@upn.edu.pe, emilio.rosario@upn.edu.pe, aldo.medina@upn.edu.pe, rossmery.albarran@upn.edu.pe

⁷Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú, jsanchezp2@usmp.pe

Resumen: En el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos en la ciudad de Lima-2022. La problemática radica en la mala gestión de residuos sólidos por parte de ambulantes, comerciantes y civiles. Esto genera residuos como cáscaras de fruta, aserrín, heces de ovino, entre otros. Trayendo como consecuencias un impacto directo hacia el suelo, además de posibles fuentes de riesgo sanitario. Se realizó el diseño de una compostera teniendo en consideración la metodología empleada en el proyecto de investigación Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC finalmente la muestra se llevó al laboratorio acreditado Sistema de servicios y análisis químicos S.A.C (SLAB), obteniendo un compost de calidad dentro de los parámetros brindados por la OMS y también se realizó la comparativa con la normativa chilena 2880.

Palabras clave: Compost bins, health risk, organic waste.

I. INTRODUCCIÓN

La historia del uso de los abonos forma una etapa muy importante de la historia de la agricultura, pues se remota a unos 5000 años atrás, en la cual los primitivos empleaban la fertilidad natural de los suelos, y con el pasar del tiempo adquiriendo los conocimientos para verter ciertos materiales que aumentaban la producción mejorando el crecimiento de sus cultivos. En antiguas culturas también se aprovechaban ciertas condiciones de recursos o materiales para mejorar la fertilidad de sus cultivos como la cultura egipcia, en los valles del Nilo y La antigua Roma empleando abonos a partir del “stercutius” (el estiércol). En la actualidad se emplean abonos y fertilizantes provenientes del compostaje natural y de abonos artificiales que comprometen transformaciones más complejas [1].

El suelo es un recurso único e irremplazable, pues es esencial para los seres vivos que lo habitan, ya que su función principal es la de ser el soporte del ecosistema. Además, en el ámbito agrícola, el suelo es considerado un sistema disperso constituido por tres fases las cuales son sólida, líquida y gaseosa las cuales brindan ciertos factores y propiedades necesarias para la producción de las plantas. Estos factores que intervienen en la formación de los suelos y qué determinan sus características y el tipo de suelo final son el clima, los organismos que la habitan, el relieve, el material parental que lo conforma y el tiempo [2].

Analizar el incremento de población en las últimas décadas, se evidencia un aumento de la demanda de alimentos y de cultivos como los cereales. Si bien la producción de los cultivos ha aumentado, el incremento demográfico ha sido elevado, pues según los datos proporcionados, la población, que era de aproximadamente 2 500 millones en 1950, aumentó a 3 635 en 1970 y 5 000 millones en 1987. Además, en la actualidad la población supera los 7000 millones de habitantes, por esta razón, no se puede dar abasto la demanda alimenticia global. Así mismo, se debe tener en cuenta que la producción de alimentos está directamente relacionada con la calidad y fertilidad de los suelos, por lo que no solo aumenta la demanda de alimentos sino la demanda de fertilizantes y de compostaje; por lo que, se han buscado diversas formas de innovar tecnológicamente referente a los métodos de cultivos empleando eficazmente la producción y utilización de fertilizantes y de compostaje orgánicos que sean óptimos para la mejora de la producción de los cultivos [3].

Por ello es importante aumentar la producción de los diversos alimentos que generan los cultivos dentro de los ricos suelos peruanos, por lo que se deben buscar las formas de incrementar la efectividad con un aumento de fertilizantes orgánicos que cumplan con la relación carbono/nitrógeno sin dañar los suelos y de la mano de la agricultura sostenible pueda ser beneficioso no solo para la economía del país sino para el abastecimiento de los alimentos de la población.

Los fertilizantes y abonos tienen el papel o rol fundamental de aumentar el rendimiento de los cultivos mejorando el crecimiento tanto la rapidez como el tamaño, añadiendo nutrientes y mejorando la calidad de las cosechas al obtener productos de mejor calidad. Ante ello, es importante tener en consideración las distintas variables meteorológicas tales como el tipo de suelo a emplear, la variedad de los cultivos, las condiciones y textura del suelo y el tipo de fertilizante o abono a emplear, pues debido a la falta de capacitaciones a los pobladores se tiene la mala práctica y creencia que mientras más fertilizante mejor será la calidad de tus suelos y mayores cultivos y ganancias de tendrá; sin embargo, se deben emplear de manera adecuada con análisis y usos matemáticos para evitar atrofiar los suelos y tener consecuencias perjudiciales como la eutrofización [4].

La elaboración del compost o compostaje se basa en la transformación del material orgánico realizado por microorganismos que sirven de agentes descomponedores de la

materia orgánica, dichos agentes microbianos pueden ser hongos y bacterias. Por lo que, se debe saber fundamentalmente los factores biológicos, físicos y químicos que intervienen en sus reacciones y en el metabolismo con la finalidad u objetivo de aumentar la velocidad de reacción de descomposición de los residuos orgánicos empleados para la generación del producto final (compost) que será estable, de excelente calidad tanto biológica como química. Asimismo, se deben reducir los riesgos ambientales que existen durante la transformación de la materia orgánica, los más importantes son la generación de gases y lixiviados, que son perjudiciales para los cuerpos de agua y el ambiente en las cuales se está realizando la producción del compost.

Estos gases y lixiviados al contaminar reducen la concentración de nutrientes del producto final; en consecuencia, se deben tomar medidas de aireación de estos gases y filtración de los lixiviados para prevenir la alteración de la calidad del producto. Además se debe tomar en cuenta que los factores adecuados u óptimos para la obtención del compost está muy relacionado con el metabolismo de los microorganismos que están implicados en todas las fases o etapas del proceso de compostaje, de esta forma los factores temperatura, oxígeno (aireación), pH, tamaño de partículas, relación de C/N (carbono/nitrógeno), % de humedad son los que determinan la velocidad de las reacciones de oxidación y las características físicas y químicas del compost que se obtiene al final. Por ello, es fundamental tener en cuenta los factores físicos, químicos y biológicos para generar un compost de alto valor que contenga las características físicas y químicas adecuadas que se desean obtener en el producto final (compost) descomponiendo los residuos orgánicos mediante la degradación microbiana [5].

Según la plataforma digital única del Estado peruano (GOB.PE), respecto al actual año 2022, el MIDAGRI, anuncia que debido al alza de los precios de los fertilizantes y a la carencia de los fertilizantes que se requieren para los cultivos del país, se puede apreciar que los costos de los alimentos derivados a los cultivos se disparen debido a la gran demanda de éstos que no pueden abastecer en su totalidad a la población. Por ello, se promoverá el uso de fertilizantes orgánicos, úricos y de residuos sólidos pues al mezclarse con los sintéticos mejoran la producción de bienes de primera necesidad hasta que los precios sean regularizados.

Por ello para nuestro trabajo de investigación Compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la ciudad de Lima-2022, resulta importante para la reducción de RSU debido a que estos pueden traer distintas consecuencias ambientales tales como la eutrofización, liberación de GEI y disminución de la calidad del suelo.

Por consiguiente, bajo la pregunta de investigación ¿Cuál es la evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de los residuos orgánicos en la ciudad de Lima-2022? Por otro lado, es necesario señalar algunos conceptos importantes respecto a la investigación como:

Compostaje:

El compostaje es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesófilas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45°C), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato. Es decir, el compostaje es una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado. una técnica biológica de reciclaje de materia orgánica que al final de su evolución da humus, factor de estabilidad y fertilidad del suelo. El resultado de una actividad biológica compleja, realizado en condiciones particulares; el compostaje no es, por tanto, un único proceso. Es, en realidad, la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas en el mismo varían de acuerdo a la composición del material que se quiere compostar. El producto obtenido al final de un proceso de compostaje, el compost, posee un importante contenido en materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato [6].

Temperatura:

Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero al crecerlos microorganismos se genera calor aumentando la temperatura del material gracias a la actividad microbiana, por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica (Moreno, 2008) Existen tres fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), al final de la cual se producen ácidos orgánicos: fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$) y fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial [6].

Materia Orgánica:

Es el principal factor para determinar la calidad del compost a realizar. Durante el compostaje la materia orgánica tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente de carbono en forma de anhídrido carbónico, estas pérdidas pueden llegar a representar casi el 20% de la masa compostada. Este descenso de materia orgánica transcurre en dos etapas fundamentalmente. En la primera se produce un rápido decrecimiento de los carbohidratos, transformándose las cadenas carbonadas largas en otras más cortas con la producción de compuestos simples, algunos de los cuales se reagrupan para formar moléculas complejas dando lugar a los compuestos húmicos, en la segunda etapa una vez consumida los compuestos lábiles otros materiales más resistentes como las

ligninas van degradando compuestos lábiles, otros materiales más resistentes como las ligninas se van degradando lentamente formando en compuesto húmicos generalmente este último cambio no durante el tiempo de dura el compostaje

Fertilización orgánica:

La agricultura orgánica es una manera de crear sosteniblemente, de esta manera se reduce el uso de plaguicidas y fertilizantes, estos abonos orgánicos forman parte de un componente determinantes para la regulación de procesos de la productividad. En la agricultura son bien conocidas sus primordiales funcionalidades, como sustrato o medio de cultivo, cobertura, mantenimiento de los niveles originales de materia orgánica del suelo y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis; este último aspecto reviste enorme trascendencia, debido al auge de su utilización en sistemas de producción limpia y ecológica [7].

Fertilización inorgánica:

Los fertilizantes sintéticos o inorgánicos son creados artificialmente, presentan en su composición una cantidad de macronutrientes específicos para las necesidades concretas de los cultivos. Los fertilizantes sintéticos tienen en su composición una gran cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio y generalmente otros aditivos que contribuyen a su efectividad, algunos pueden ser el sulfato de amonio, nitrato de amonio, sulfato de magnesio, entre otros [8].

Gracias a la propiedad denominada solubilidad los nutrientes de estos fertilizantes sintéticos permanecen más accesibles para las plantas en contacto, pero muestran una desventaja la cual es que en condiciones de un exceso de agua en el suelo una gran parte de estos nutrientes se desaprovecharían y esto podría ser perjudicial ya que al ser lixiviados podría contaminar aguas superficiales y subterráneas lo cual llevaría a otro problema aún más grave ya que se puede estar intoxicando a la gente que tenga interacción con esta agua contaminada filtrada en suelo que puede terminar en ríos o lagunas poniendo en riesgo a la población más vulnerable, uno de estos fertilizantes es el nitrogenado el cual es un fertilizante químico el cual se halla en diferentes maneras, como por ejemplo nitrato de amonio, nitrato de potasio, nitrato de calcio y urea, y se caracterizan por contener elevados niveles de nitrógeno que, como comentamos previamente, pertenece a los nutrientes que más requieren las plantas para su incremento. Además, es fundamental un almacenamiento hermético y en un espacio independiente de humedad, puesto que puede sustraer humedad del aire y alterar su estado [9].

Normativas para la calidad del compost

Con la finalidad de determinar la calidad del compost a obtener, se necesitan o deben comparar los parámetros físico-químicos del producto final (compost) con las normativas vigentes. Dichos parámetros que se compararán serán el pH, %

de humedad, temperatura, relación carbono-nitrógeno, % de materia orgánica, % de carbono y % de nutrientes.

Las normativas vigentes que se emplearon en el presente trabajo son los criterios de la organización mundial de la salud (OMS) y la norma chilena 2880 “Compost-Clasificación y requisitos”.

Criterios según la OMS

La OMS recomienda que para un compost sea de calidad el porcentaje de humedad debe estar entre el 30% y el 50%, la materia inerte debe estar en el rango desde 30% al 70%, el compost debe tener un contenido orgánico entre el 10% al 30%, el pH debe estar entre 6-9 de preferencia cercano a pH neutro, la materia orgánica debe estar del 25% al 50%, el tamaño de partículas debe ser fina de 2mm a 10mm, el contenido de carbono entre el 8% al 50% y los nutrientes como nitrógeno de 0.4 a 3.5%, fósforo de 0.3 a 3.5% y potasio de 0.5 a 1.8%. A continuación, en la tabla N°1 se observará los rangos de las propiedades físico-químicas para un compost adecuado

TABLA 1
VALORES DE LA OMS

CALIDAD DEL COMPOST SEGÚN LA OMS	
Propiedades	Rango normal
Contenido de humedad (%)	30 a 50
Materia inerte (%)	30 a 70
Contenido orgánico (%)	10 a 30
pH	6 a 9
Tamaño máximo de las partículas (mm)	2 a 10
Materia orgánica (%)	25 a 50
Carbono (%)	8 a 50
Nitrógeno (%)	0.4 a 3.5
Fósforo (%)	0.3 a 3.5
Potasio (%)	0.5 a 1.8

Nota. Organización Mundial de la Salud

Finalmente, el objetivo de la investigación es Evaluar la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la ciudad de Lima-2022.

II. ANTECEDENTES

En el trabajo titulado Compostaje y digestión anaerobia como procesos de tratamiento para la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos en la ciudad de México. Tuvo como objetivo comparar el proceso de tratamiento de la fracción orgánica usado actualmente para generar resultados que sirvan como base para la gestión de residuos locales. La metodología empleada fue de tipo explicativo de diseño experimental en el cual se basó para la calidad del abono en características como: Nitrógeno, carbono, malezas, entre otros. Para comenzar el diseño se comenzó una selección al azar de 30 semillas debido a que es más factible medir sus parámetros para determinar el porcentaje de germinación, después se realizó una comparación

a distintos porcentajes de compost con distintas semillas. Para el proceso de fermentación anaerobia la mezcla se mete en una bolsa plástica por 1 semana el cual deberá tener un color oscuro, textura granular y olor a bosque. Obteniendo resultados la variación de germinación a distintas concentraciones lo cual obtendrá tanto beneficios económicos, ambientales y sociales. Este trabajo se encuentra relacionado con nuestro objetivo [10].

Por otro lado, [11], en el trabajo titulado, Metabolismo urbano de nutrientes: rehúso y compostaje de residuos asociados con la porcicultura en Ciudad Juárez. Tuvo como objetivo determinar el potencial para compostaje en Ciudad Juárez. La metodología fue de tipo explicativo de diseño no experimental en el cual se realizó la generación de datos sobre la porcicultura mediante visitas y censos a personal cercano a las granjas porcícolas para poder determinar la cantidad de residuos necesarios por sector y poder diseñar una relación C/N con estos datos y la cantidad de podas necesarias para su uso. En los resultados se calcula que para el compostaje de 5403.85 kg. /día de excretas porcinas son necesarios 3400 kg./semana de podas y para que la calidad de las pilas sea óptima, solo se debe reducir la cantidad de humedad mediante el uso de aserrín y volteos.

En el trabajo titulado Propuesta de diseño de biodigestores aerobios para compostaje en viviendas de Carapungo norte de Quito. Tuvo como objetivo diseñar biodigestores aerobios para compostaje en viviendas. La metodología empleada fue de tipo explicativo de diseño experimental en el cual se realizó un análisis de las bases teóricas para el diseño de compostaje, el sector de estudio (viviendas), y requisitos operacionales de los biodigestores los cuales se trataron un promedio de 39,083 kg de restos de frutas por 35 días (0,8 kg de biosólidos generados por vivienda), además de la recirculación de sus lixiviados para mejorar las características del biosólido. Como resultado se obtiene que debido al sistema de aeración de los biodigestores se encuentra gran cantidad de patógenos y para su eliminación se debe implementar un sistema de alcalinización. Sin embargo, el sistema mejoró considerablemente la calidad del biosólido en análisis relación C/N. Este trabajo de investigación se encuentra relacionado con nuestro objetivo [12].

En el trabajo titulado Estudio del manejo de los residuos orgánicos generados en la Universidad de la Costa (CUC) a través del Compostaje. Tuvo como objetivo plantear un estudio sobre el manejo de los residuos sólidos orgánicos generados dentro de la universidad, que nos permita la disminución y reutilización de estos RSO obteniendo abono orgánico mediante el compostaje. La metodología aplicada en este trabajo fue de enfoque cuantitativo, diseño experimental en el cual se realizó la comparación entre 2 composteras (fija y giratoria) con diferentes concentraciones de mezcla para determinar el mejor compost. Los resultados obtenidos nos indican que la mejor calidad del compost se obtuvo de la compostera giratoria, También este método nos ayuda a reducir

los RSO y poder brindarle un nuevo uso. Este trabajo está relacionado con el objetivo de nuestra investigación [13].

En su trabajo de titulación Elaboración de compost a partir de los residuos orgánicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC. Tuvo como objetivo obtener un compost de excelente calidad a partir de los residuos orgánicos generados en la planta de COPEINCA SAC. La metodología que utilizaron en su trabajo de investigación aplicativo fue de enfoque cuantitativo y cualitativo experimental longitudinal, en la cual se utilizó el método tradicional empleando camas de compostaje para su volteo en intervalos semanales con la finalidad de que mediante la degradación microbiana aeróbica del material orgánico se obtenga el compostaje de buena calidad. Se concluye que reutilizar los residuos sólidos urbanos empleando diversos métodos de compostaje mediante la degradación de la materia orgánica de los microorganismos puede llegar a ser beneficioso para reducir los residuos y emplearlos en el sector agrícola [14].

En su trabajo para optar el título profesional de ingeniero ambiental Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019. Tuvo como objetivo evaluar la calidad del compost a partir de la mezcla de cuatro tipos de residuos orgánicos y tres dosis de microorganismos eficaces en el distrito de Huayucachi. La metodología que utilizaron en su trabajo de investigación aplicada fue de enfoque cuantitativo y cualitativo experimental longitudinal y de nivel descriptivo. En la fase inicial se recolectaron y dispusieron residuos orgánicos de mercados, restos de cosecha, estiércol de ovino y vacuno, posteriormente en un área de 18 metros cuadrados(6mx3m) se realizó la colocación de las composteras para que los microorganismos degraden el material orgánico proveniente de los residuos en un medio aeróbico. Se concluye que reaprovechar el material orgánico proveniente de los residuos o desechos sólidos urbanos empleando la capacidad de los microorganismos de degradar dicho material mediante métodos de compostaje es beneficioso para la reducción de los RSU generando un impacto negativo menor y que este compostaje de excelente calidad sea aprovechado en la industria agrícola [15].

En su trabajo para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental Implementación de composteras en viviendas a partir de residuos orgánicos generados en domicilio ZV-5 de Cercado de Lima. Su trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la posible implementación de composteras que sean hechas a partir de residuos sólidos orgánicos en viviendas participantes de ZV-5 del Cercado de Lima. La metodología que utilizaron en su trabajo de investigación fue de enfoque cuantitativo y cualitativo experimental, en la cual realizaron composteras tradicionales que iban volteando cada cierto tiempo y en su materia prima fueron utilizados diversos residuos sólidos domésticos que contengan materia orgánica y

que puedan compostar. Las variables que tuvieron se relacionaron a los parámetros físico-químicos en el proceso de compostaje como relación de carbono-nitrógeno, pH, temperatura y cantidad de microorganismos. Se concluye que este trabajo es de utilidad, pues está relacionado con el objetivo y el procedimiento de nuestra investigación [16].

III. METODOLOGÍA

El enfoque de la investigación es cuantitativo. Una investigación cuantitativa es aquella que en su proceso se dan una secuencia de pasos que no se pueden eludir, se parte de una idea general que va delimitándose y estableciendo objetivos con preguntas de investigación. Además, se da la construcción de variables en un determinado contexto; se utilizan métodos estadísticos para poder establecer las conclusiones del trabajo. Para el presente trabajo las mediciones se realizarán acorde a las variables presentadas en la matriz de consistencia [17]. Con diseño experimental porque se analizó la cantidad de materiales y las hojas de piña a compostar y cómo estos y los parámetros físico-químicos, microorganismos se relacionan con la calidad del compost a obtener.

Es de tipo explicativo debido a que el presente de trabajo tiene la finalidad de investigar, buscar, indagar y comparar información en trabajos pasados para poder explicar cómo es el proceso de planificación y elaboración del compostaje a partir de hojas de piña y de cómo determinar la calidad del compost obtenido, así como la determinación de los parámetros físico-químicos, también sobre el metabolismo de los microorganismos que intervienen en la obtención del compost. El alcance de la investigación es longitudinal, porque se realizó la toma de datos relacionados a los parámetros más importantes durante el proceso de elaboración del compost como pH, % de humedad, temperatura.

La población del presente trabajo de investigación es la cantidad de hojas de piña que son desechadas en las fruterías, juguerías y distintos comerciantes en la ciudad de Lima, también residuos orgánicos urbanos como poda de jardines, restos de hojas secas, aserrín en las afueras de carpinterías entre otros residuos.

La muestra del presente trabajo de investigación está conformada por la cama de compostaje rectangular que tiene una altura de 2 metros y contiene un peso de 100kg de los diferentes materiales y residuos orgánicos a compostar. Para la realización previa del compostaje se tuvo que seleccionar con rigurosidad el material para la compostera.

Adecuación del área experimental

Se acondicionó parte del patio delantero y área del jardín de la casa con mallas y calaminas para proteger las composteras de posibles lluvias, además el área rectangular del jardín fue extraída para evitar que componentes de la tierra del área intervengan en el proceso de compostaje. La dimensión donde se colocó la compostera cuadrangular fue de 4mx1m y una altura de 2m.

Para la elaboración del compost, la materia orgánica que conformarían las composteras proviene de diferentes áreas del distrito de Breña, las cuales son: hojas de piña(cogollos), aserrín fue obtenido a las afueras de las carpinterías que las desechan en costales o bolsas, cáscaras de vegetales, frutas que son desechos domésticos y se compraron excretas de ovinos provenientes de camales.

Clasificación de las materias primas

Picado

Se realizó con la ayuda de cuchillos con elevado filo o machete con la finalidad de que el tamaño de partícula sea menor y más homogéneo para que el área de contacto de la materia orgánica de las diferentes capas sea mayor y así optimizar la descomposición aeróbica que los microorganismos efectuaran durante el proceso de compostaje.

Apilado

En este procedimiento se procedió a apilar los materiales en capas llegando a una proporción de los materiales que contienen nitrógeno con los materiales que contienen carbono de 1 a 2, por lo que se empezó la primera capa con materiales que principalmente tengan carbono como las hojas secas, maleza seca, ramas secas, hojas marrones y después la capa que contiene nitrógeno como el estiércol y las hojas de piña hasta llegar a una altura aproximada de 2 metros.

Regulación de temperatura y humedad

Para este proceso se mantuvo una humedad entre el 50% al 60% mediante el uso del hidrómetro. Además, se usaron tubos de PVC para la aireación de las diferentes capas del compost. Asimismo, en el proceso de la humedad podemos medir la capacidad del compost de dos maneras. La primera es usar un higrómetro digital y monitorear por lo menos dos veces por semana. El método usado fue el tacto, es decir, se agarró un pedazo del compost y se aplastó con el puño el cual deberá humedecerse sin escurrir agua entre los dedos.

Etapa de laboratorio

Las muestras fueron llevadas para ser analizadas y evaluadas en el laboratorio para establecer el valor nutricional del compostaje de los elementos esenciales (materia orgánica, N, P, S, K, Ca, Mg, Zn) y el respectivo análisis de los parámetros físico, químicos y biológicos (pH, conductividad, microorganismos, temperatura) con la finalidad de determinar la calidad del compostaje elaborado a partir de hojas de piña.

IV. RESULTADOS

Objetivo Específico N°01:

Evaluar los factores importantes tales como pH, temperatura, % de humedad durante el proceso de elaboración del compostaje obtenido a partir de hojas de piña, cascarilla de arroz, restos de poda, aserrín, excretas de gallina, excretas de

cuy, excretas de caballo, restos de frutas y restos de vegetales; en la ciudad de Lima-2022.

pH

Para este parámetro se usaron materiales como agua destilada y tiras de papel Tornasol. Las frecuencias de las mediciones realizadas fueron de manera semanal

TABLA 2
RESULTADOS PH

FECHA DEL MUESTREO	Ph
semana 1	4
semana 2	4
semana 3	9
semana 4	6
semana 5	7
semana 6	7
semana 7	7
semana 8	6
semana 9	7
semana 10	8
semana 11	7

Acorde con los datos presentados en las 2 primeras semanas se presentó un pH ácido. También, en la semana 3 se obtuvo un pH ligeramente alcalino y en las últimas semanas se obtuvo un pH neutro.

HUMEDAD

Las mediciones se realizaron cada 3 días teniendo y en caso no tenga la textura adecuada procede a humedecerse o airearse. Para el resultado final de este parámetro se obtuvo un valor del 32.58% que se encuentra acorde a los valores tolerables de la OMS.

TEMPERATURA

Para este proceso se determinó la temperatura de manera semanal haciendo el uso de un termómetro digital. En la tabla N°3 resultados de temperatura, se observa las fechas y las distintas temperaturas obtenidas en el proceso.

TABLA 3
RESULTADOS DE TEMPERATURA

Fecha Del Muestreo	Temperatura en °C
semana 1	30
semana 2	35
semana 3	42
semana 4	55
semana 5	52
semana 6	50
semana 7	43
semana 8	47
semana 9	52
semana 10	50
semana 11	46

Objetivo Específico N°02:

Realizar la caracterización de las propiedades físico-químicas del compost obtenido.

Acorde con la normativa chilena 2880 y la normativa de la OMS realizamos la caracterización de las propiedades físico-químicas del compost obtenido.

TABLA 4
COMPARATIVA CON LA NORMATIVA CHILENA 2880

Características	Rangos normales de valores permitidos Clase A/Clase B	Resultados de nuestro compost	¿Cumple los estándares?
% de humedad	30-45	32.58	Sí cumple
Materia orgánica	≥ 20%	56.73	Sí cumple
% de nitrógeno	≥ 0.5%	1.16	Sí cumple
% de fósforo	No considera	X	X
% de potasio	No considera	X	X
Relación C/N	≤ 25 ≤ 30	28.37	Sí cumple
pH	5.0 - 8.5	7.43	Sí cumple
Zinc	200 – 2000 mg/Kg	182.02	No cumple
Conductividad eléctrica	< 3 dS/m ≤ 8 dS/m	0.01988 dS/m	Sí cumple

TABLA 5
COMPARATIVA CON LA NORMATIVA DE LA OMS

Características	Rangos normales de valores permitidos	Resultados de nuestro compost	¿Cumple los estándares?
% de humedad	30-50	32.58	Sí cumple
% de nitrógeno	0.4 – 3.5	1.16	Sí cumple
% de fósforo	0.3 – 3.5	0.63	Sí cumple
% de potasio	0.5 – 1.8	2.46	No cumple
Materia Orgánica	10-30	56.73	No cumple
pH	6-9	7.43	Sí cumple
Zinc	800 – 1,200 mg/Kg	182.02	No cumple

El resultado obtenido ante la normativa de la OMS nos arroja que nuestro compost cumple con los parámetros de calidad en las siguientes características: % de humedad, % de nitrógeno, % de fósforo, pH, y no cumple en % de potasio, cantidad de materia orgánica, % zinc. Uno de los parámetros más importantes viene a ser la cantidad de materia orgánica que supera el límite establecido esto nos revela que nuestro compost se encuentra inmaduro y mientras este llegue a la madurez la cantidad de M.O se reducirá.

Con respecto a la normativa chilena 2880, nuestro compost cumple con los parámetros de calidad en las siguientes características: % de humedad, % de nitrógeno, PH, conductividad eléctrica, relación C/N, M.O, pudiéndose clasificar un compost de clase A. Sin embargo, el único parámetro que no cumple es el Zinc que puede regularse mediante la dosificación de Zinc en el proceso de compostaje.

Objetivo Específico N°03:

Evaluar el costo de producir el compostaje obtenido a partir materia orgánica en Lima-2022.

Para este punto se realizará la descripción de los materiales usados y costos que pueden ser variables teniendo en consideración la fecha, lugar y cantidad. También, no se tiene

en consideración materiales como rastrillos, manguera, pala, debido a que se contaban con estos materiales. Además, para el producto final se obtuvo un rendimiento del 30%, es decir, un 70% del volumen inicial se redujo en este proceso de compostaje.

TABLA 6
CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA UTILIZADA

Materia prima	Cantidad(kg)	% del total
Hojas de piña	5kg	10%
Cáscaras de fruta y verdura	5kg	10%
Heces de ovino, cuyasa y gallinaza	15kg	30%
Poda seca de jardines	5kg	10%
Aserrín	5kg	10%
Cascarilla de arroz	15kg	30%

TABLA 7
PRECIOS DE LOS MATERIALES

Material	Precio en soles
Cascarilla de arroz-15kg	s/20
Heces de ovino- 15 kg	s/20
Cáscaras de frutas-10 kg	Gratis
Poda – 5 kg	Gratis
Aserrín- 5kg	s/10

Para un promedio de 50 kg procesados se obtuvo un compost final 15 kg, para todo el material trabajado se tuvo el gasto de s/50, este promedio nos indica el costo de producción de s/3.33 por kg de compost producido siendo un resultado favorable.

V. DISCUSIÓN

Se evaluó los factores importantes tales como pH, temperatura, % de humedad durante el proceso de elaboración del compostaje obtenido a partir de hojas de piña, cascarilla de arroz, restos de poda, aserrín, excretas de gallina, excretas de cuy, excretas de caballo, restos de frutas y restos de vegetales; en la ciudad de Lima-2022; en la cual se pudo apreciar que los factores o parámetros tales como pH, temperatura y % de humedad que intervienen en el proceso de degradación de la materia orgánica producto de los microorganismos presentes en la cama de compostaje fueron variando según las semanas; en el caso del pH se trató de regular la acidez y la alcalinidad con cenizas o cáscaras de frutas, virutas y aserrín según convenga para mantener un pH neutro.

Asímismo, la temperatura aumentó conforme pasaron las semanas, hasta mantenerse entre los 50-60 °C y luego comenzó a decaer y mantenerse entre 45-50 °C, la temperatura es importante para eliminar los patógenos y coliformes fecales producto de las excretas de ovino, caballo, cuy y gallina,

además de ser importante pues a las temperaturas de 45-60°C los microorganismos trabajan eficientemente en sus actividades de degradación de materia orgánica; por ello, se debía mantener cubierto la compostera para mantener el calor y protegerla de agentes externos como exceso de humedad, lluvias y animales. También, para mantener la humedad por encima del 30% se debía humedecer con agua cada semana que se realizaba el volteo de la pila de compost, pues con la aireación adecuada los microorganismos podían tener el oxígeno para realizar la degradación aeróbica de la materia orgánica.

El control de estos parámetros se puede evidenciar también en el trabajo de investigación [14], en el cual se midieron % de humedad, temperatura y pH en los lodos que iban a suministrar a las camas de compostaje, también se midieron los parámetros en las composteras que fueron alimentadas por los lodos. Respecto al % de humedad que fueron medidas en las composteras se aprecia que en las primeras semanas variaba de 40% a 60% de humedad hasta llegar a la etapa de maduración del compost que el porcentaje de humedad llegó a bajar en un rango de 30% a 40%, el pH en las dos primeras semanas empezó en 4 y 5 luego en el transcurso de las semanas el pH subió hasta 8 y 9 para posterior regularizar el pH en 7-8 acercándose al pH neutro y con respecto a la temperatura en las primeras semanas tuvieron 35°C y 37°C hasta llegar a temperaturas óptimas de 45°C-60°C y en las últimas semanas la cama de compostaje llegó a bajar hasta los 40°C. Esto evidencia que es importante el control de la temperatura, pH y % humedad para que los microorganismos puedan trabajar eficientemente degradando la materia orgánica. Por consiguiente, se logró que el producto sea de calidad.

En la elaboración del compost final se tuvieron limitaciones en cuanto a la medición de los parámetros, por ello se tenía que realizar durante los volteos semanales para evitar la alteración o interrupción de la degradación de la materia orgánica producto de los microorganismos, así mismo cuando el pH era muy alcalino se tuvo que emplear cenizas para neutralizar el compostaje y debido al limitante del tiempo se utilizaron levaduras y dosis de cerveza para acelerar el proceso.

Se realizó la caracterización de las propiedades físico-químicas del compost obtenido a partir de residuos orgánicos en la ciudad de Lima-2022; después de la degradación aeróbica de la materia orgánica empleando levaduras en las camas de compostaje para acelerar el proceso y mejorar la eficiencia de la degradación producto de los microorganismos, se logró reducir el volumen hasta un 30% de la materia prima original para su posterior empaquetado, envió y análisis en el laboratorio “Slab”. Después de 10 días hábiles llegaron los resultados los cuales indican que el producto final tiene un pH de 7.43 cercano a neutro, el % de humedad es óptimo, pues es de 32.58%, el porcentaje de magnesio es de 0.74%, el de fosforo es de 0.63%, se tiene una relación de C/N de 28.37, conductividad eléctrica relativamente baja, alto contenido de

materia orgánica (56.73%), calcio 3.03%, sodio 1.26%, cobre 60ppm, zinc 182ppm, manganeso 709ppm y hierro 9035ppm.

En el trabajo de investigación respecto al estudio del manejo de los residuos orgánicos generados en la Universidad de la Costa (CUC) a través del Compostaje, también se caracterizó los parámetros físico químicos del compost producido en el Laboratorio Microbiológico de Barranquilla (LMB), en el cual se evidencia el % de Carbono orgánico en ambas composteras fue de 30% aproximadamente, el porcentaje de nitrógeno total fue de 0.89% en la primera compostera y 0.85% en la segunda compostera y el pH final de la primera compostera fue de 8 aproximadamente y de la segunda compostera fue casi neutro. Los parámetros que analizaron llegan a caracterizar que cumplen con los estándares de calidad de la norma técnica colombiana NTC 5167 de 2011; es decir, el compost o producto final obtenido es de calidad [13].

También, en otra investigación, se caracterizaron los parámetros físico químicos del producto final obtenido los cuales fueron analizados en el Laboratorio SGS del Peru S.A.C. Entre los parámetros caracterizados está el pH que estuvo comprendido entre 6 y 9 con ligeras variaciones pero siempre dentro del rango permitido por la OMS; respecto a la relación carbono/nitrógeno se llegó a una óptima relación debido a la mezcla producida entre material seco rico en carbono con el material fresco que se suministraba de los lodos ricos en nitrógeno llegando a cumplir los estándares de calidad A de la normativa chilena 2880; en cambio la conductividad eléctrica fue elevada llegando a un máximo de 17.72dS/m y comparándolo con la normativa chilena 2880, no llega a cumplir los estándares de calidad A ni B de dicha normativa, teniendo en cuenta los resultados obtenidos para metales pesados como Cu, Zn, Pb todos inferiores a los 200ppm que exige la OMS y finalmente respecto a los micronutrientes tales como Ca, Mg, Na, Fe, Mn, B todos tiene un porcentaje dentro de lo que indican las normativas para ser un producto de calidad [15].

Finalmente, la cantidad de residuos orgánicos es elevada por lo que la materia prima para compostar se puede obtener en mercados, parques, ferreterías, fruterías; en la obtención de la materia prima para compostar en nuestro trabajo de investigación se nos limitó la cantidad de poda y hojas de piña que eran recolectadas de las fruterías y parques, además que las excretas fueron obtenidas de codornices, gallinas, gallos y cuyes que se criaban en casa, por lo que se optó por comprar excretas de caballo y cascarilla de arroz para completar la cama de compostaje elevando los costos de obtención de la materia prima para compostar, además con una adecuada gestión municipal se podría realizar gran cantidad de camas de compostaje, por consiguiente degradar esa materia orgánica disminuyendo los impactos negativos de los residuos sólidos orgánicos y obteniendo compost de calidad y así al obtener materia prima a precios muy bajos o gratuitos reducir los costos de producción del compost. Esto quiere decir, que nuestro

trabajo de investigación puede servir de base para otras investigaciones relacionadas a la reducción de residuos orgánicos urbanos mediante el uso de compostaje, generando compost de calidad y a costos asequibles [16].

VI. CONCLUSIONES

El proceso de compostaje nos brinda beneficio ambiental al reducir la cantidad de residuos urbanos. Con respecto al beneficio económico este proyecto es muy accesible de realizar, debido a que se promedia s/3.33 por kg. de compost procesado.; inclusive se puede disminuir los precios con mejores proveedores. Además, en el aspecto social puede ayudar a muchos agricultores debido a la escasez de fertilizantes.

Acorde a la normativa chilena 2880 se obtuvo un compost de clase A. Sin embargo, el parámetro que no estuvo dentro del límite fue el Zinc. Uno de los posibles factores para la ausencia del metal se debe al exceso de fósforo, hierro o manganeso, por lo tanto, la solución es una dosificación correcta y nivelar los otros nutrientes en la mezcla. Por ello, la relación C/N se encuentra dentro del rango establecido por la norma chilena 2880, obteniendo el valor de 28.37 usando material con alto contenido en carbono como la cascarilla de arroz, poda de jardín seca y restos de cáscaras de frutas secas. Se obtuvo así un compost de calidad. Otros parámetros como el Potasio (k), se pueden añadir restos de cáscara de plátano para llegar al nivel establecido por la OMS. En este caso se tendría que llegar a una dosificación correcta para no exceder estos valores.

Referente a la conductividad eléctrica estuvo en lo permitido y aceptado por la normativa chilena siendo inferior a los 3dS/m. lo que indica una cantidad adecuada de minerales, metales y sólidos presentes en el producto final. Los parámetros físico-químicos fueron los adecuados ya que se desarrolló de manera óptima el compost. Además, esto nos indica que la literatura revisada tenía un procedimiento adecuado.

Debido al factor tiempo que en muchos casos limita el proceso de descomposición y obtención del compost, se podrían aplicar convencionalmente levaduras o pequeñas cantidades de cerveza para acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica. El contenido de nitrógeno fue superior al 0.5% por lo que beneficiaría a suelos agrícolas o zonas donde el suelo tenga un déficit de este elemento esencial para las plantas.

REFERENCIAS

- [1] Reyes Pérez, J. J., Luna Murillo, R. A., Reyes Bermeo, M. D. R., Zambrano Burgos, D., y Vázquez Morán, V. F. "Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annum* L.) y su impacto en el rendimiento y sus componentes". *Centro Agrícola*, vol. 44, no. 4, pp. 88-94. 2017. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-57852017000400013
- [2] Garcia-Gutiérrez, C., y Félix-Herrán, J. A. "Manual para la producción de abonos orgánicos y biorracionales". Fundación Produce Sinaloa AC. 2014.

- [3] Reyes, G. E., y Cortés, J. D. "Intensidad en el uso de fertilizantes en América Latina y el Caribe (2006-2012)". *Bioagro*, vol. 29, no. 1, pp. 45-52. 2017
- [4] Finck, A. "Fertilizantes y fertilización". Reverté. 2014
- [5] Cortez, O., y Cesar, J. "Rendimiento de dos variables de papa (*Solanum tuberosum* L.) con la aplicación de tierra negra y fertilizantes inorgánicos". *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, vol. 4, no. 2, pp. 56-69. 2017.
- [6] Macías Duarte, R., Grijalva Contreras, R., Robles Contreras, F. "Respuesta de la aplicación de estiércol y fertilizantes sobre el rendimiento y calidad del chile jalapeño". *Biotecnia*, vol. 14, no. 3, pp. 32-38. 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971153006>
- [7] Pinedo Panduro, M., Abanto-Rodríguez, C., Oroche Amias, D., Paredes Dávila, E., Bardales-Lozano, R. M., Alves Chagas, E., ... & Vargas Fasabi, J. "Mejoramiento de las características agronómicas y rendimiento de fruto de camu-camu con el uso de biofertilizantes en Loreto, Perú". *Scientia Agropecuaria*, vol. 9, no. 4, pp. 527-533. 2018.
- [8] Zapana Pari, J. G., Mamani Sucasaca, M., Escobar-Mamani, F., y Zapana Landaeta, J. C. "Producción de raíz tuberosa en cultivo de "mauka"(*Mirabilis expansa* [Ruiz y Pavón] Standley) con aplicación de abonamiento orgánico y fertilización química en Puno-Perú". *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. 19, no. 3, pp. 275-284. 2017.
- [9] Burbano-Orjuela, H. "El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria". *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 33, no. 2, pp. 117-124. 2016
- [10] Pérez Flores, R. "Compostaje y digestión anaerobia como procesos de tratamiento para la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos en la Ciudad de México". Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/235460>
- [11] Zamora, H. y Córdova y Vázquez, A. "Metabolismo urbano de nutrientes: reúso y compostaje de residuos asociados con la porcicultura en Ciudad Juárez", *CH*, vol. 16, n.º 16, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/ChihuahuaHoy/article/view/2252>
- [12] Santorum Osejo, A. "Propuesta de diseño de biodigestores aerobios para compostaje en viviendas de Carapungo norte de Quito". Tesis de Licenciatura. UCE. 2018. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16159>
- [13] Mizger Alvarez, L "Estudio del manejo de los residuos orgánicos generados en la Universidad de la Costa (CUC) A través del Compostaje". Tesis de grado. Universidad de la Costa, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/47>
- [14] Vera Rojas, S. "Elaboracion de compost a partir de los residuos organicos generados en la limpieza de planta de la empresa COPEINCA SAC". Tesis de grado. Universidad Nacional de Piura. 2018. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1475>
- [15] Castillo, L. "Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo, 2019". Tesis de grado. Universidad Continental. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8245>
- [16] Nauto Quispe, R." Implementación de composteras en viviendas a partir de residuos orgánicos generados en domicilio en zona ZV-5 de Cercado de Lima". Tesis de grado. Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. 2019. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/147>
- [17] Hernández Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. "Metodología de la Investigación". 2014. [En línea]. Disponible en: shorturl.at/arBCX