



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aplicaciones Actuales en las Técnicas del Compostaje a partir de
Residuos Sólidos Urbanos. Revisión Sistemática 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

AUTOR:

Bermeo García, Clinton Ignacio (ORCID: 0000-0001-6682-8490)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y gestión de los residuos

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicado a Dios por mantenerme con salud y estar a mi lado en cada paso que doy, a mis padres, hermanos, a mi pareja, amigos y demás familiares por el apoyo que me brindaron. A mi asesora de universidad por ser mi guía y ejemplo en el desarrollo de la investigación.

Agradecimiento

Mis agradecimientos académicos a todos los docentes de mi alma mater que han contribuido con mi desarrollo como profesional a lo largo de mi vida universitaria.

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Resumen | viii |
| Abstract..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 6 |
| III. MÉTODO | 17 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 18 |
| 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización | 18 |
| 3.3. Escenario de estudio..... | 22 |
| 3.4. Participantes | 22 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 23 |
| 3.6. Procedimientos | 23 |
| 3.7. Rigor científico | 23 |
| 3.8. Método de análisis de información | 24 |
| 3.9. Aspectos éticos..... | 24 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 26 |
| V. CONCLUSIONES..... | 70 |
| VI. RECOMENDACIONES | 73 |
| REFERENCIAS | 75 |
| ANEXOS..... | 83 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Ventajas de la utilización del Compost</i> | 7 |
| Tabla 2. <i>Consideraciones para el proceso de compostaje anaerobio</i> | 10 |
| Tabla 3. <i>Elementos del proceso de compostaje</i> | 12 |
| Tabla 4. <i>Fases del compostaje</i> | 14 |
| Tabla 5. <i>Parámetros del Compostaje</i> | 15 |
| Tabla 6. <i>Matriz de categorización de variables</i> | 18 |
| Tabla 7. <i>Matriz apriorística</i> | 20 |
| Tabla 8. <i>Resumen de criterios de búsqueda</i> | 22 |
| Tabla 9: <i>Analizar los tipos de residuos sólidos urbanos</i> | 27 |
| Tabla 10. <i>Comparar las condiciones operativas optimas del compostaje aerobio y anaerobio de compost</i> | 32 |
| Tabla 11. <i>Microorganismos que se emplean para la inoculación del compostaje</i> . | 42 |
| Tabla 12. <i>Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores De Sousa y otros (2017)</i> | 52 |
| Tabla 13. <i>Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Ferreira y otros (2020)</i> | 54 |
| Tabla 14. <i>Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Zhao, Liu y Dúo (2020)</i> | 55 |
| Tabla 15. <i>Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Matsui y otros (2020)</i> | 56 |
| Tabla 16. <i>Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Kucbel y otros (2019)</i> | 57 |
| Tabla 17. <i>Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Dhar y otros (2019)</i> | 59 |
| Tabla 15. <i>Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Tibu y otros (2019)</i> | 62 |
| Tabla 16. . <i>Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Tibu y otros (2019). Domínguez y otros (2019)</i> | 63 |
| Tabla 17. <i>Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Haynes y Zou (2016)</i> | 64 |

| | |
|---|----|
| Tabla 18. <i>Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Haynes y Zou (2016)</i> | 65 |
| Tabla 19. <i>Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Aksakal y otros (2016)</i> | 66 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: <i>Sistemas de Compostaje</i> | 9 |
| Figura 2: <i>Fases del compostaje</i> | 14 |
| Figura 3: <i>Rango de pHs máximo y mínimo durante el proceso de compostaje</i> | 61 |
| Figura 4: <i>Rango de Conductividad Eléctrica máximo (dS m⁻¹)</i> | 61 |
| Figura 5: <i>Temperatura de la fase del suelo</i> | 68 |

Resumen

El compostaje es una técnica que genera enmiendas para mejorar la calidad de los suelos, también puede ser usado para degradar contaminantes del suelo. La investigación tuvo como objetivo evaluar las actuales aplicaciones del compostaje a partir de residuos sólidos. La metodología comprendió una investigación aplicada, de diseño no experimental de tipo cualitativo y nivel descriptivo, mediante la revisión sistemática de 41 artículos de revistas indexadas. Los resultados mostraron el uso de residuos tales como estiércol de aves, vacas, etc y desechos vegetales, dentro de los residuos inorgánicos se identificó el plástico entre otros. El aerobio requiere pH de 9.2, humedad del 90% y una relación carbono/nitrógeno medio de 23.85 para degradar la materia orgánica (MO). Mientras que el compostaje anaerobio los valores son menores (pH: 6.5 a 8.0, humedad: 74% a 79%) lo que permite la inactivación de bacterias y hongos. Como inóculo se usan hongos como *Trametes Versicolor*, *Phanerochaete Chrysosporium* con degradaciones de MO importantes (8.2% y 7.1%) incluyendo la estabilización del plomo (Pb), bacterias como *Amyloliqefaciens* liberan más calor y eliminan amonio, sin embargo, *Bacillus*, *Lactobacillus* son frecuentes a 55°C para degradar la MO. Los valores de pH oscilan entre 4.4. y 9.45, conductividad eléctrica entre 0.025 y 3.89, carbono/nitrógeno medio de 34.4, y temperaturas entre 30°C y 60°C lo que conduce a un incremento de carbono. El compostaje estabiliza la materia orgánica y mejora la calidad del suelo.

Palabras clave: Compost, residuos sólidos, condiciones operativas, métodos de inoculación

Abstract

Composting is a technique that generates amendments to improve the quality of soils, it can also be used to degrade soil pollutants. The research aimed to evaluate the current applications of composting from solid waste. The methodology comprised an applied research, of a non-experimental design of a qualitative type and descriptive level, through the systematic review of 41 articles from indexed journals. The results showed the use of residues such as manure from birds, cows, etc. and vegetable waste, within the inorganic residues plastic was identified among others. The aerobic requires pH d 9.2, humidity of 90% and an average carbon / nitrogen ratio of 23.85 to degrade organic matter (OM). While anaerobic composting the values are lower (pH: 6.5 to 8.0, humidity: 74% to 79%) which allows the inactivation of bacteria and fungi. As inoculum, fungi such as *Trametes Versicolor*, *Phanerochaete Chrysosporium* are used with important OM degradations (8.2% and 7.1%) including the stabilization of lead (Pb), bacteria such as *Amyloliqefaciens* release more heat and eliminate ammonia, however *Bacillus*, *Lactobacillus* are frequent to 55 ° C to degrade OM. The pH values range from 4.4. and 9.45, electrical conductivity between 0.025 and 3.89, average carbon / nitrogen of 34.4, and temperatures between 30 ° C and 60 ° C which leads to an increase in carbon. Composting stabilizes organic matter and improves soil quality.

Keywords: Compost, solid waste, operating conditions, inoculation methods

I. INTRODUCCIÓN

Van et al (2016), sobre los residuos sólidos explican que la situación en los países en desarrollo es preocupante porque tienen problemas para realizar una gestión adecuada y sus políticas no están orientadas a su rehusó o conversión en nuevos insumos como la elaboración de compost, por ejemplo, Wei y otros (2017) informaron que en estos países el material biodegradable, compuesto principalmente por desechos de alimentos representa el 40% y el 70% de los residuos sólidos. En cambio, en Europa la situación es distinta, se emplea aproximadamente 200 instalaciones para la elaboración de compostaje, utilizando tecnologías que destinan 27% de sus residuos netamente a la producción del compostaje. (Van y otros, 2016).

Saldarriaga y otros (2018) explican que para la elaboración de compostaje se emplean varios tipos de residuos sólidos, como alimentos principalmente crudos y de origen vegetal siendo estas, pieles de patata, plátanos, frutas y verduras generando cambios en la humedad, temperatura y la relación carbono/nitrógeno. Existen otros tipos de residuos sólidos como el plástico, Braun y otros (2020) indican que se empleó como material para elaborar compost, a partir de desechos domésticos y a través de reacciones químicas se obtiene la poliamida (en el ámbito natural es la seda y lana) y el policarbonato, mientras Rahman y otros (2020) manifestaron que la composición de residuos sólidos urbanos para la elaboración de compost contuvo material degradable que incluían desperdicios de cocina, desperdicios de mercado, hojas, ramitas, pasto, papel, ropa, algodón, maderas, aserrín y otros desechos, entre el material no degradable incluía el plástico, caucho, ladrillos, vidrio, metales, baterías, huesos, cabellos, entre otros, tiene como efecto variaciones que se encuentran dentro de los parámetros óptimos establecidos en las propiedades físicas y químicas.

Si bien es cierto que el compostaje es una técnica que puede degradar compuestos diversos, sin embargo hay tipos de compostaje, que destacan por su eficiencia en el proceso de degradación, Long y otros (2015) evaluaron la degradación de bifenilos policlorados que son mezclas y compuestos químicos tóxicos contaminantes que perduran en el tiempo en la tierra, a través de los tipos de compostaje aerobio y anaerobio que en efecto se emplearon como tratamientos

para reducir estos contaminantes presentes en el suelo, cuyos resultados mostraron una alta mineralización de los organismos contaminantes siendo la característica principal del compostaje aerobio y la degradación del suelo por parte del compostaje anaerobio. Por otra parte, Mentha y Kanak (2018) reportaron que el compostaje aerobio necesita oxígeno para la descomposición de la materia orgánica además para el proceso rápido de crianza de los microbios emplean hongos termófilos como *Aspergillus*, *Mucor*, *Chaetomium*, *Humicola*, *Absidia*, *Sporotrichum*, *Torula (levadura)* y *Thermoascus*, además de bacterias termófilas (*Bacillus* y *Thermus*) y pocos actinomicetos como el *Streptomyces*, *Micropolyspora*, *Thermoactinomyces* y *Thermomonospora*, en cambio el proceso de compostaje anaerobio se lleva a cabo sin la participación del oxígeno, para la descomposición de moléculas se emplearon como bacterias *Clostridium aceticum*, *Acetobacter woodii* y *Clostridium thermoautotrophicum*.

Otro aspecto relevante es la inoculación, que implica el uso de microorganismos que permitan acelerar el proceso degradativo de la materia orgánica es importante destacar que según la literatura se emplearon hongos, bacterias y microorganismos en los procesos de inoculación del compostaje a base de residuos sólidos, por ejemplo, Voberkova y otros (2017) explicaron tres tipos de hongos *Phanerochaete Chrysosporium*, *Trametes versicolor* y *Fomes fomentarius* cuyos resultados reflejaron un incremento de degradación del compost y un mejor grado de madurez. Rastogi y otros (2019) investigaron el efecto de las bacterias del origen *Bacillus* (*Bacillus Subtilis*, *Bacillus. Tequilensis*, *Bacillus. venezuelans* y *Bacillus. amyloliquefaciens*) mostraron como resultados que tras la inoculación de estas bacterias al compost de residuos sólidos urbanos se facilita su temprana maduración. Acerca de los microorganismos Wang y otros (2020), describieron 30 microorganismos integrados en dos formas de compost el primero llamado compostaje piel de cítricos compuesto por salvado de trigo y cal (T1) y compostaje a escala piloto producto de la fermentación del fertilizante orgánico (T2), cuyos resultados indicaron que hubo una mayor eficiencia del compostaje (T2) por tener una mayor diversidad de microorganismos respecto al compostaje (T1).

Ballardo y otros (2017), estudio la inoculación de compost y reconoció que existe limitaciones en investigaciones que usan *Bacillus Thuringiensis (Bt)*, en el compost, sobre la dosis y los efectos de este producto, además Xiao y otros (2017) explica que sobre la aplicación de otros aditivos físicos, existen distintos tipos de aditivos como el biocarbón donde solo existen estudios a escala piloto, principalmente porque no hay estudios de laboratorio, esto genera desconocimiento sobre los beneficios de adición del biocarbón en el compostaje. Por otra parte, Long y otros (2015) indican que la principal limitante es la ausencia de investigaciones que permitan comprender la interacción entre suelo, desechos orgánicos, microorganismos en diferentes ambientes.

Además la composición de los componentes del compost es otro factor importante para lograr un buen proceso degradativo, De Sousa y otros (2017) a través del método de compostaje de lodos de curtiduría compuesto por materia orgánica de lenta degradación, combinado con paja de caña de azúcar y estiércol de ganado, a través de aplicación de una dosis de 20 Mgha^{-1} sobre el suelo, generaron un efecto sobre las propiedades químicas y físicas especialmente en el pH que se incrementó de un valor de 6.1. desde el día 0 hasta un valor de 6.3 en el día 75, se originó por el incremento del nitrógeno.

Al respecto, se pretende cubrir estos vacíos de conocimientos a través de la revisión bibliográfica de mayor profundidad sobre los métodos de inoculación que permiten obtener mejores resultados en las propiedades del suelo, asimismo comprender la composición del compostaje y observar el efecto de las condiciones operativas que contenga el compostaje.

Según Murli y otros (2016) la investigación se justifica de forma teórica porque aporta una síntesis de principios teóricos desarrollados de recientes investigaciones que informan sobre las tendencias actuales de la elaboración del compost, también la investigación permite determinar que el compost no solo es una técnica que sirve para mejorar el suelo sino también tratamientos que permiten eliminar contaminantes del suelo. Por otra parte, se justifica de forma metodológica porque se demuestra los nuevos métodos que se aplican en las técnicas de compostaje como los procesos de inoculación, enzimas. Además, se justifica de

forma ambiental que sirve como un mecanismo de degradación que apoya a fortalecer el suelo y beneficio al medio ambiente. Finalmente, la contribución social de la investigación, es iniciar con la revisión sistemática de las tecnologías para la elaboración del compostaje, beneficiándose la comunidad investigadora en general.

Sobre la base de realidad problemática presentada se planteó el problema general y los problemas específicos de la investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuáles son las aplicaciones actuales en las técnicas de compostaje a partir de residuos sólidos? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿Qué tipo de residuos sólidos urbanos se usan en el compostaje?
- **PE2:** ¿Cuáles son las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio?
- **PE3:** ¿Qué microorganismo se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos?
- **PE4:** ¿Qué propiedades físicas y microbiológicas tienen el compostaje de residuos sólidos urbanos?

En relación a ello, se planteó como objetivo general: Evaluar las aplicaciones actuales en las técnicas de compostaje a partir de residuos sólidos como objetivos específicos, se tiene:

- **OE1:** Analizar los tipos de residuos sólidos urbanos que se usan en el compostaje.
- **OE2:** Comparar las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio.
- **OE3:** Analizar los microorganismos que se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos
- **OE4:** Analizar las propiedades químicas, físicas y microbiológicas que tiene el compostaje de residuos sólidos urbanos.

II. MARCO TEÓRICO

Según Mortier, Velghe y Verstichel (2016) el compostaje lo define como la transformación biológica controlada de residuos orgánicos en condiciones aeróbicas, en otras palabras, en presencia de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos y levaduras, además de la presencia de oxígeno. También la degradación de la materia orgánica conduce a la liberación de CO_2 , H_2O , calor, producción de minerales, biomasa y humus disponible para las plantas

Tabla 1. *Ventajas de la utilización del Compost*

| VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE COMPOST | |
|---|---|
| Mejora las Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. | El tratamiento del suelo con compost, en sus propiedades físicas, genera que estabilidad en los agregados del suelo; asimismo, permite una mejora en la retención de agua, lo que contribuye a una generación de nutrientes; por otro lado, transforma un suelo ligero a un suelo más compacto, y un suelo pesado en un suelo con mayor capacidad de permeabilidad (capacidad de que ciertos componentes entren al suelo). Referente a sus propiedades químicas, ofrece macronutrientes (principalmente, Nitrógeno, Fosforo y Potasio), y micronutrientes. Referente a sus propiedades biológicas, genera un efecto sobre energético y nutritivo sobre los microorganismos, lo cual lo transforma en un suelo más fértil. |
| Mejora el manejo de los estiércoles | La sola utilización del estiércol sobre los suelos, puede generar una alteración importante sobre los suelos y en general, sobre el medio ambiente, dada la generación de olores e insectos, etc., es decir, muchos efectos negativos; sin embargo, mediante el proceso de compostaje (y un adecuado proceso), se les da un mejor tratamiento a los estiércoles, evitando esos efectos negativos sobre el medio ambiente, e incluso, resaltar, que el compost puede incluso ser almacenado, no limitando su uso a un determinado periodo. |
| Mejora la aplicación al suelo | La utilización del proceso de compostaje genera grandes efectos sobre el suelo y su composición, esto porque los componentes presentan una mejor estabilidad cuando se aplica dicho proceso; por ejemplo, reduce el nivel de carbono y estabiliza el nivel de nitrógeno, garantizando una estabilidad entre la relación C/N. |

| | |
|--|---|
| Disminuye los riesgos de contaminación y olores | Este es un problema cuando se aplica directamente el estiércol, sin un adecuado proceso, por lo que el proceso de compostaje ayuda a mitigar estos efectos sobre el medio ambiente, reduciendo los malos olores. |
| Destrucción de Patógenos | Un patógeno es un microorganismo que puede conllevar a producir un daño sobre el organismo en el que se encuentra (portante o huésped), para lo cual, la eliminación de estos patógenos ayuda a que el compost sea visto como una herramienta mucho más amigable con el medio ambiente. |
| Presenta un mercado | El almacenamiento del compost ha conllevado a que sea un producto que pueda ser transable en el mercado. |

Fuente: Basado en el trabajo de Bekchanov y Mirzabaev (2018)

Existen una gran variedad de residuos sólidos, tal como lo señala Zhou y otros (2014), los residuos sólidos urbanos se encuentran compuestos por seis grandes grupos de elementos: los residuos de alimentos, residuos de madera, residuos de papel, residuos de textil, residuos de plástico, y residuos de caucho. Asimismo, según Aslam y otros (2019), a nivel porcentual, generalmente, los residuos sólidos urbanos se encuentran compuestos de la siguiente manera: el 55.86 por ciento, comprende al grupo de residuos de alimentos, y el 44.14 por ciento, comprende a los cinco grupos de residuos restantes. Por otro lado, Román y otros (2021), señala que, en los residuos sólidos urbanos, los residuos de alimentos se encuentran en un rango de 30 a 50 por ciento respecto al total del compost.

Kadir, Rahman y Azhari (2016) investigó sobre la utilización de cáscara de plátano en el líquido de fermentación en compostaje de residuos de alimentos. El objetivo fue comparar los residuos de alimentos generados en Malasia, explicaron que los residuos sólidos urbanos en Malasia poseen una gran cantidad de materia orgánica compuesto por desperdicios de alimentos como cáscara de plátano y cáscara de coco que representa el 60% del total de los residuos sólidos en dicho país. Concluyeron que los residuos de cáscara de plátano se descomponen con mayor facilidad que otros.

Toledo y otros (2017) plantearon Análisis quimiométrico y espectroscopia NIR para evaluar el impacto oloroso durante el compostaje de diferentes materias primas.

Utilizaron diferentes materias primas de los residuos sólidos urbanos como piel de naranja, mezclas de fresas, desechos de pescado. Asimismo, se concluye que a través de un análisis de espectroscopia NIR es posible determinar las diferencias significativas del compostaje de diferentes materias primas.

Existen dos tipos de compostaje según la literatura: El primero de ellos es el compostaje aerobio y el segundo compostaje anaerobio. Ruggori, Gori y Lubello (2019) define al compostaje aerobio como el consumo de oxígeno y liberación de H_2O y CO_2 gaseosos, aire para proporcionar una cantidad suficiente de O_2 para la oxidación de la materia orgánica que permite evaporar el exceso de humedad. Además, se explican las formas de compostaje aerobio, los cuales los clasifica como: compostaje en pilas o hileras, compostaje en pilas estáticas, compostaje en pilas estáticas aireadas, compostaje en pilas con volteo mecánico.

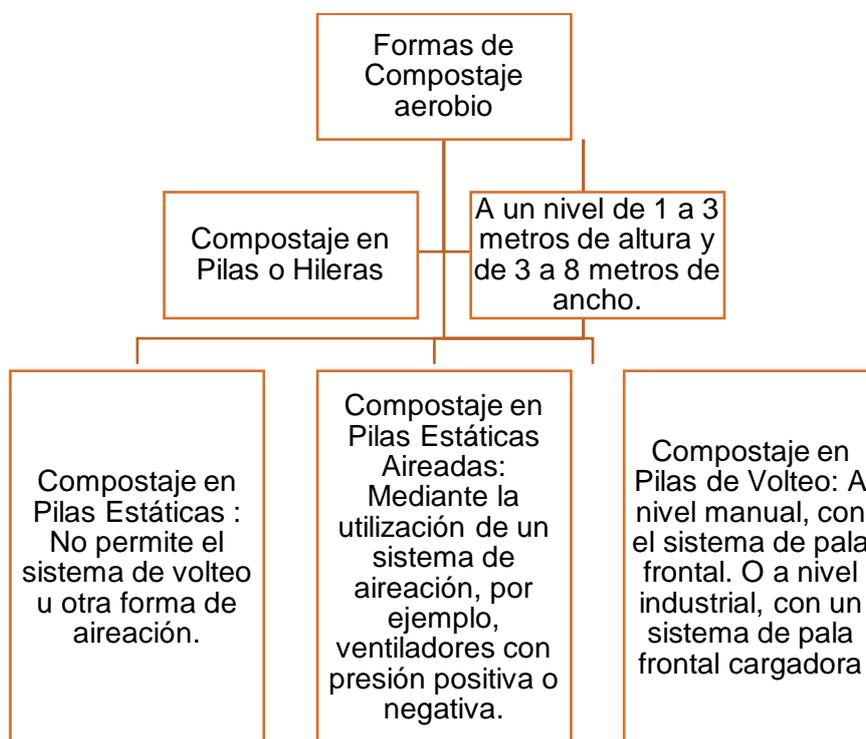


Figura 1: Sistemas de Compostaje Fuente: Basado en el trabajo de Yee y otros (2017)

Continuando en la misma línea de investigación de Ruggori, Gori y Lubello (2019) conceptualiza al compostaje anaerobio como la ausencia de oxígeno y durante el proceso de compostaje, puede desprender malos olores como consecuencia de los procesos de pudrición, además de la aplicación de bacterias anaerobias y arqueas

metanogénicas, donde los microbios convierten a varios tipos de biomasa y desechos orgánicos en biogás, dejando digestores ricos en nutrientes para la aplicación en la tierra. Por otra parte, se considera los procesos de compostaje anaerobio:

Tabla 2. Consideraciones para el proceso de compostaje anaerobio

| Parámetros | Compostaje anaerobio |
|--|---|
| Proceso | La descomposición de la materia orgánica ocurre en una estructura cerrada sin oxígeno |
| Producción | Estiércol líquido rico en nutrientes y gas |
| Emisiones de gases de efecto invernadero | El biogás se recoleta y purifica para su uso como combustible |
| Tamaño de partícula | Tamaño óptimo entre 25-75 mm |
| Temperatura | Debe estar entre 55-60°C |
| pH | Debe ajustarse a aproximadamente 6,7 |
| Humedad | Contenido de humedad óptima al 70% |
| Relación C/N | Proporción óptima debe ser 20/1-30/1 |

Fuente: Basado en el trabajo de Manuja y otros (2020)

Shah y otros (2018), estudiaron la mejora del compostaje de residuos sólidos urbanos por diferentes tipos para el crecimiento de hortalizas y reducción de los riesgos para la salud de cadmio y plomo, se examinó los efectos de los tipos de compostaje aerobio y anaerobio sobre el rendimiento vegetal, la mineralización, degradación de la materia orgánica a través del cultivo de hortalizas en un suelo arenoso durante 85 y 95 días. Concluyen que la mineralización y la recuperación del nitrógeno es más elevado en el compostaje aerobio con respecto al compostaje anaerobio.

Aliasgari y otros (2019), en su investigación mejora de la producción de biogás a partir de residuos de alimentos en un biorreactor híbrido anaerobio-aerobio mediante la adición de abono y tratamiento previo con cal y lixivocado reciclado. Midieron la producción de biogás para evaluar la biodegradabilidad de los desechos de alimentos y la eficacia de los biorreactores a través de los tipos de tratamiento de compostaje aerobio y anaerobio. Concluyeron que el biorreactor híbrido anaerobio-aerobio con adición de estiércol y pretratamiento de cal reciclado del

lixiviado durante 240 días de operación puede descomponer de forma efectiva los desechos de alimentos con una producción significativa de biogás.

Bandini y otros (2020), estudiaron los polímeros biodegradables en condiciones industriales para la digestión anaerobia y el compostaje aeróbico de residuos alimentarios. En esta investigación se evaluaron la biodegradación de las botellas de agua de polí y bolsas a base de almidón en condiciones anaerobias y también la digestión y compostaje aerobio a través de pruebas de fitotoxicidad (grado de efecto tóxico producido por un compuesto sobre el crecimiento de las plantas) que permite evaluar la calidad del compost. Concluyen que la desintegración en la fase anaerobia fue negativa y el proceso de compostaje aerobio la temperatura de transición vítrea mostro una disminución.

Pandey y otros (2016), en su investigación simulando los efectos de las digestiones anaeróbicas y aeróbicas mesófilas en sistemas de lagunas y compostaje sobre la inactivación de patógenos. Emplearon como patógenos la Salmonella y Escherichia Coli. Concluyeron que durante el compostaje aerobio la Salmonella su proceso de eliminación duro entre 4 a 12 días en cambio para el compostaje anaerobio se eliminó en 30 a 35 días, para el patógeno E. Coli su inactivación en su condición aerobia sucedió en 30 a 35 días y el anaerobio después de 60 días de incubación.

La inoculación es importante porque permite acelerar el proceso degradativo de la materia orgánica, en ese aspecto Wei y otros (2018) explican que los microbios juegan un papel clave en el compostaje, por lo cual pueden promover la actividad de microbios funcionales a través de la inoculación que permitan acelerar la biodegradación. Además, las principales ventajas de usar la inoculación de microbios radican en la capacidad de secretar enzimas extracelulares que podrían hidrolizar la lignocelulosa, asimismo los inoculantes principales son las bacterias y hongos que actúan como degradadores de celulosa, hemicelulosa durante el compostaje.

Con respecto a la inoculación hay investigaciones que explican los efectos de los hongos, ejemplo de Huang y otros (2017), estudiaron el efecto de la inoculación de *Phanerochaete Chrysosporium* sobre la comunidad bacteriana y la estabilización de metales en el compostaje de desechos agrícolas contaminados con plomo. A

través de la inoculación de *Phanerochaete Chrysosporium* en los metales contaminados se reportó que el plomo biodisponible se transformó en plomo estable después de la aplicación del compost con el inóculo. Asimismo, concluyeron que el plomo disminuye su toxicidad cuando recibe el compost inoculado y esto beneficia a los microorganismos para que puedan realizar una adecuada degradación de la materia orgánica. Gong y otros (2016), en su investigación sobre la maduración del abono de desechos verdes afectado por los hongos *Trametes Versicolor* y *Phanerochaete Chrysosporium*, dicha inoculación se dio por separado el día 0 y día 14, su efecto después de la inoculación fue un incremento de la temperatura del compost, además de mejorar la calidad del pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, relación carbono/nitrógeno y contenido de nutrientes.

También existen investigaciones sobre la inoculación de microorganismos, Wan y otros (2020), estudiaron el efecto de la inoculación de microorganismos en el compostaje de estiércol de pollo con paja de maíz. Emplearon 28 microorganismos divididos en 10 cepas de *Bacillus licheniformis*, 5 cepas de *Bacillus amyloliquefaciens*, 3 cepas de *Ureibacillus thermosphaericus*, 2 cepas de *Bacillus megaterium* y *Geobacillus pallidus*, 1 cepa de *Bacillus pumilus*, *Geobacillus sp.* y *Paracoccus denitrificans* aisladas del compost y 7 cepas de colectivos agrícolas de China (ACCC), concluyen que la inoculación con los microorganismos aumentó la eficiencia y madurez en el compostaje de estiércol de pollo.

Dentro del proceso de obtención del compost, intervienen 4 elementos esenciales que conllevan a la generación del compost. Según Yee y otros (2017) los elementos que intervienen son: la materia prima (incluye los elementos de origen vegetal y animal), el agua, el calor, y el oxígeno; los cuales, pasan por el proceso de compostaje y conllevan a obtener el producto final "Compost". Además, se tienen que tener en cuenta lo siguiente:

Tabla 3. Elementos del proceso de compostaje

| | |
|----------------------|--|
| Materia Prima | Esta se encuentra compuesta por materiales de origen vegetal y de origen animal. |
| Agua | El nivel de humedad tiene que ser la ideal, durante todo el proceso de compostaje. |

Por ejemplo, puede darse dos situaciones extremas: primero, un nivel de humedad por debajo del ideal, lo cual generaría que los microorganismos encargados de la degradación tiendan a extinguirse, por lo cual ralentiza (hace más lento) el proceso de compostaje. Segundo, un nivel de humedad por encima del ideal, genera una compactación de la materia prima, por lo cual conlleva a una situación similar al proceso anaerobio, con la generación de malos olores.

Calor El calor genera una mayor velocidad de degradación de la materia prima, esto a través del aumento en el metabolismo de los microorganismos, para lo cual a mayor calor mayor nivel de descomposición. El nivel de calor debe ser mayor a 10 grados, para que pueda llevarse a cabo un proceso de compostaje.

Oxígeno El proceso de compostaje es denominada aerobia cuando se realiza en presencia de oxígeno, y cuando no hay este elemento, es denominada anaerobia. La principal diferencia entre estos dos, es el grado de aireación, pues, generalmente el proceso anaerobio suele generar olores muy desagradables a comparación del proceso aerobia. Métodos de aireación: A) Por volteo (manual o mecánica). B) Si se realiza una construcción de la pila, correctamente, permitiendo que el aire fluya hasta el centro del compost. C) Un sistema que extraiga y provea de aire dentro de la pila.

Fuente: *Basado en el trabajo de Yee y otros (2017)*

En ese sentido Ince y otros (2018), señala cuatro fases del compostaje que se dividen en función a la temperatura siendo: La fase Mesófila, Termófila, Enfriamiento y Madurez.

Tabla 4. Fases del compostaje

| | |
|---------------------------------------|--|
| Fase Sicrofílica | Temperatura: a un nivel de 12 a 17 grados. Duración: 1 día |
| Fase Mesófila | Temperatura: a un nivel de 22 a 34 grados. (si se empieza en verano no hay fase Sicrofílica). Multiplicación rápida de los microorganismos y se aumenta la temperatura. Produce una disminución de pH. Duración: 1 a 2 días |
| Fase Termófila | Temperatura: predominan los microorganismos termófilos por encima de los mesófilos, con una temperatura alrededor de 40 grados. A un nivel superior a 55 grados, se da la eliminación de patógenos, el nivel de supervivencia de los microorganismos termófilos puede ser hasta un nivel de temperatura igual a 70 grados, superior a ello su nivel de vida se acorta. Luego surge un proceso de regulación, dando niveles de temperatura entre 65 a 68 grados. Duración: de días a semanas. |
| Fase de Enfriamiento y Madurez | Temperatura: tiende a disminuir y se imponen los microorganismos mesófilos. El nivel de pH disminuye, acercándose a un nivel de 7. Duración: de varias semanas a varios meses. |

Fuente: Basado de trabajos de Ince y otros (2018)

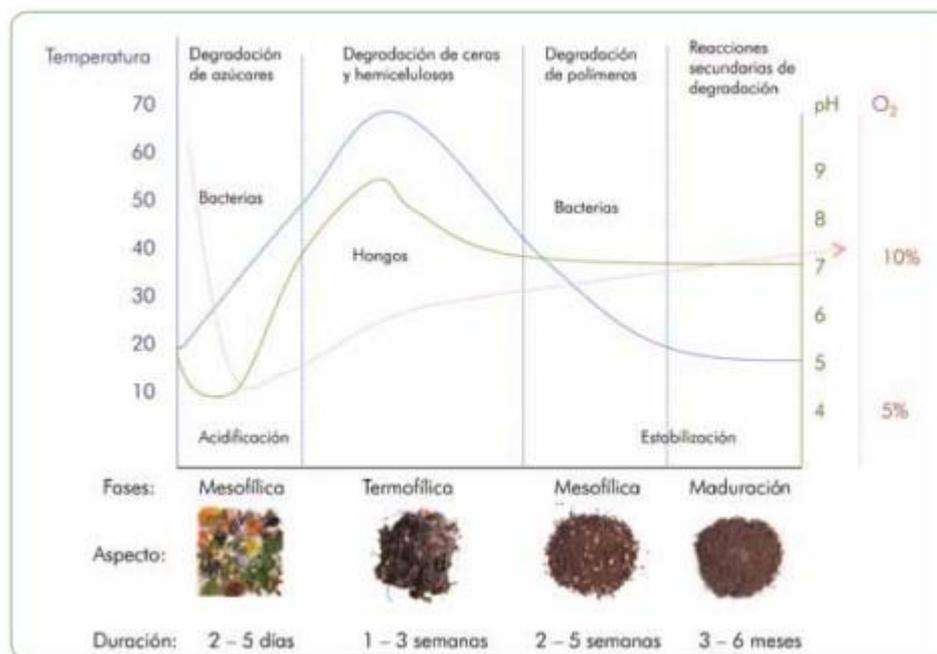


Figura 2: Fases del compostaje Fuente: Basado en los trabajos de Román, Martínez y Pantoja (2015)

Por otro lado, como lo expresa Rastogi, Nandal y Khosla (2020) durante el proceso de compostaje se tienen que tener en cuenta ciertos parámetros; estos son parámetros químicos, los cuales son: relación Carbono Nitrógeno (C/N), Oxígeno, Nutrientes y pH; y parámetros físicos, los cuales son: temperatura, tamaño de partícula, y humedad., los parámetros se expresan:

Tabla 5. Parámetros del Compostaje

| | |
|----------------------------|---|
| Relación C/N | A un nivel menor a 25:1, supone un exceso de nitrógeno. Por el contrario, si es más alta de 30:1, supone una ralentización del proceso de compostaje. Por ende, debe estar dicho rango (mayor a 25:1 y menor a 30:1). |
| Oxígeno | Un nivel de 30 a 36% de aireación. Con mayor nivel de oxígeno en la primera etapa, y disminuyendo a medida que se llega a la fase de madurez. |
| Nutrientes | Compuesto por niveles adecuados de macroelementos y microelementos. |
| pH | Los elementos beneficiosos del compost, se encuentran a un nivel de 7 en pH. Niveles de pH por debajo de 6, genera una acidez en el compost, y, por ende, comienza a llamar y aumentar el nivel de moscas u otros insectos. |
| Temperatura | Un rango de 40 a 50 grados, durante el segundo o tercer día. Cuarto día o quinto a un rango de 55 a 70 grados. Si se realiza un correcto proceso de aireación, al décimo día, no debe superar los 40 grados. El proceso demoraría entre tres y cuatro semanas. Durante la fase termofílica, puede alcanzar niveles de más de 60 grados de temperatura. |
| Tamaño de Partícula | Esto depende del nivel de textura de la materia prima a utilizar, pues los materiales se diferencian en cuanto a su proceso de degradación. La textura, va a determinar el tamaño de las partículas, para lo cual, si son demasiado grandes las partículas, tienden a ralentizar el proceso; por el contrario, si son demasiado pequeñas, tienden a dificultar el proceso de aireación. |
| Humedad | Un nivel de 50 a 60% de humedad. Con un nivel óptimo de 55% |

Fuente: Basado en el trabajo de Rastogi, Nandal y Khosla (2020)

Araujo y otros (2020), estudiaron el efecto a largo plazo de los lodos de curtiduría compostados sobre los parámetros químicos y biológicos del suelo, que pasaron un proceso de estudio de 10 años con aplicaciones anuales de compostaje de curtiduría. Concluyeron que mediante la aplicación del compost los parámetros físicos y químicos del suelo variaron de forma negativa y positiva, como por ejemplo la materia orgánica, el Potasio y Fosforo aumentaron durante los 10 años de aplicación, asimismo que el pH y el cromo incrementaban la concentración del suelo, en cambio la biomasa microbiana y la actividad enzimática disminuyeron.

Matsui y otros (2016) investigaron las propiedades químicas y comportamiento fermentativo de los compost preparados por tres métodos de compostaje en Malawi. El primer método empleado fue el Changu que es un sistema de pilas que utiliza material de forma cónica con una altura de 1,5 m, su materia prima es el estiércol de ganado, cabras, pollos además de pasto verde en la mezcla, el segundo método fue el Windrow es un sistema de hileras largas compuesto por residuos de cultivos, estiércol de ganado, el tercer método fue el Bokasi que fue compuesto por cubo especial y bolsa de salvado, donde se combina cascarilla de arroz. Concluyeron que los abonos maduros fueron expuestos a temperaturas de fermentación superiores a 50 ° C durante un período más largo, y tenían un pH más bajo y más alto EC y contenido de N disponible, asimismo estos métodos son simples y prácticos para medir la madurez del compost.

. Tibu y otros (2019), en su investigación tuvieron como objetivo principal el evaluar las propiedades fisicoquímicas y la fitotoxicidad del compost elaborado a partir de diferentes materiales de desecho orgánicos procedentes de mercados locales, la metodología empleada fue del compostaje en pila con desechos de aserrín, paja de arroz y estiércol de cerdo en cuatro diferentes distribuciones, utilizaron como parámetros la temperatura, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y la concentración de metales pesados, para su monitoreo fue a través de la prueba de germinación con extractos de agua de compost para evaluar la fitotoxicidad. Concluyeron que la elaboración de compostaje de residuos sólidos urbanos es una estrategia viable de gestión de residuos sólidos orgánicos promoviendo el cultivo de hortalizas para la seguridad alimentaria.

III. MÉTODO

3.1. Tipo y diseño de investigación

Martínez, Briones y Cortés (2013) La investigación es de tipo aplicada porque tiene propósitos prácticos bien definidos, su principal objetivo de llevar a cabo una investigación es que te permite transformar y producir cambios en un sector de la realidad, a través de la revisión sistémica de las nuevas aplicaciones en las técnicas del compostaje a partir de residuos sólidos. La investigación es del tipo cualitativa ya que lo que se pretende es hacer una revisión bibliográfica que permita verificar y analizar cualitativamente la sistematización de las nuevas aplicaciones del compost desde el proceso experimental de la misma hasta las normas o reglas que debe contener dicha preparación. Además, este estudio es de nivel descriptivo, ya que según Hernández et ál. (2014), se trata de describir un hecho o fenómeno observados como tal, en una realidad o contexto dado. En este sentido, el diseño de la investigación es no experimental, ya que no se ejercerá ninguna acción o tratamiento sobre el hecho o fenómeno observado, sino que se evalúa tal como éste sucede

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

Tabla 6. *Matriz de categorización de variables*

| Nº | Categorías | Sub categorías | Criterios |
|----|--|--|---|
| 1 | Tipos de residuos sólidos | Plásticos, cartones, desechos, alimentos, vegetales, pasto, huesos, pieles, alimentos. | Sarker y Rashid (2020) Costello y Sullivan (2019) Aslam y otros (2019) Barthod y otros (2018) Beesigamukama y otros (2020) Chen y otros (2020) Kaur. (2020) Costello y Sullivan (2019) |
| 2 | Condiciones operativas | Anaerobio Aerobio | Ouyang (2014) Neklyudov, Fedotov y Ivankin (2015) Esposito y otros (2012) |
| 3 | Inoculación | Hongos Bacterias Microorganismos | Domínguez (2019) Mengistu et al (2017) Rastogi (2019) Sarah (2017) Zhao (2016) |
| 4 | Propiedades físicas químicas y microbiológicas | pH Conductividad Eléctrica Total, de carbono orgánico | Domínguez et al. (2019) Rajaie (2016) Zhao, Liu y Duo (2020) |

| | |
|------------------|-----------------------|
| P | Haghighi, Reza y |
| Ca | Teixeira (2016) |
| Cr | Ilyass, Khalid y Mina |
| K | (2019) |
| Temperatura | Matsui y otros (2016) |
| Materia orgánica | Tibu y otros (2019) |
| Porosidad | Kucbel y otros (2016) |
| Estabilidad | |

Elaboración propia

Tabla 7. Matriz apriorística

| Objetivos específicos | Problemas específicos | Categorías | Sub categorías | Unidad de análisis |
|--|--|---------------------------|---|--|
| Analizar los tipos de residuos sólidos urbanos que se usan en el compostaje | ¿Qué tipo de residuos sólidos urbanos se usan en el compostaje? | Tipos de residuos sólidos | Plásticos Cartones Desechos Alimentos Vegetales Pasto Huesos Pielés Alimentos | Rahman, Bhuiyan, Sarker y Rashid (2020) Sarker y Rashid (2020) Costello y Sullivan (2019) Aslam y otros (2019) Barthod y otros (2018) Beesigamukama y otros (2020) Chen y otros (2020) Kaur. (2020) Costello y Sullivan (2019) |
| Comparar las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio. | ¿Cuáles son las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio? | Condiciones operativas | Anaerobio Aerobio | Ouyang (2014) Neklyudov, Fedotov y Ivankin (2015) Barthod y otros (2018) Beesigamukam et al. (2020) Chen y otros(2020) Kaur (2020) Costello y Sullivan (2019) |
| Analizar los microorganismos que se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos | ¿Qué microorganismo se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos? | Inoculación | Hongos Bacterias Microorganismos | Domínguez (2019) Mengistu et al (2017) Rastogi (2019) Sarah (2017) Zhao (2016) |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| <p>Analizar las propiedades físicas y microbiológicas que tiene el compostaje de residuos sólidos urbanos.</p> | <p>¿Qué propiedades físicas y microbiológicas tienen el compostaje de residuos sólidos urbanos?</p> | <p>Propiedades físicas químicas y microbiológicas</p> | <p>pH Conductividad Eléctrica Total, de carbono orgánico P Ca Cr K Temperatura Materia orgánica Porosidad Estabilidad</p> | <p>Domínguez y otros (2019) Rajaie (2016) Zhao, Liu y Duo (2020) Haghighi, Reza y Teixeira (2016) Ilyass, Khalid y Mina (2019) Matsui y otros (2016) Tibu y otros (2019) Kucbel y otros (2016)</p> |
|--|---|---|---|---|

Fuente: Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

El escenario de investigación, es el nuevo conocimiento sobre las nuevas aplicaciones en las técnicas del compostaje a partir de los residuos sólidos los diferentes estudios se realizan en grandes zonas urbanas y rurales que por sus hábitos de consumo generan grandes cantidades de elaboración de compostaje residuos en el sector agrícola y también en el hogar, considerando categorías como la materia prima, métodos de inoculación, tipos de tecnología, condiciones operativas, componentes del compost, siendo alternativa en la elaboración y mejora de los suelos a través del compostaje. Además, por ser de revisión bibliográfica no tiene un escenario de estudio específico.

3.4. Participantes

En la investigación se utilizarán de revistas indexadas como revistas latinoamericanas de diferentes instituciones, ELSEIVER, además de datos como Scopus, sciencedirect. Las palabras clave de búsqueda fueron “Solid waste composting” y “Nuevas aplicaciones en las técnicas del compostaje de residuos sólidos”; otra característica es que las investigaciones tienen un umbral de antigüedad de 6 años, siendo el más antiguo publicado en 2015.

Tabla 8. *Resumen de criterios de búsqueda*

| Tipo de documento | Documentos referidos | Cantidad | Palabras clave | Idioma |
|--------------------------|---|-----------------|--|---------------|
| Artículo científico | Efectos del proceso de compostaje sobre las propiedades químicas, físicas y microbiológicas | 10 | Physical properties chemical properties microbiological properties | Ingles |
| Artículo científico | Efecto de la inoculación de microorganismos en el compostaje del estiércol | 10 | Antibacterial agents Microorganisms Degradation performance Effect of microbial inoculation | Ingles |
| Artículo científico | Impacto del compostaje aeróbico y digestión anaeróbica | 6 | Operating conditions Aerobics Anaerobic | Ingles |

| | | | | |
|---------------------|---|---|---|--------|
| Artículo científico | Componentes principales del compostaje a base de residuos urbanos | 8 | Forms of action of compost materials Compost products | Ingles |
| Artículo científico | El progreso de las tecnologías de compostaje de residuos solidos | 6 | Composting technology progress Compost production Composting techniques Composting technology evaluation | Ingles |

Fuente: Elaboración propia

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de revisión documental consiste en realizar una revisión a fondo acerca del contenido de diferentes investigaciones, identificar características, codificar la información que contienen, con la finalidad de describir o determinar los objetivos de investigación (Revisión documental, una herramienta para el mejoramiento de las competencias de lectura y escritura en estudiantes universitarios, 2017). Para la investigación se empleó una ficha de recolección de los documentos revisados por medio de un Excel denominado matriz base de datos, en la cual se estableció las categorías, indicadores, de cada documento.

3.6. Procedimientos

La recolección de datos se realizó a través de la matriz base de datos, cuya característica fue brindar una categorización de las categorías y subcategorías de los documentos investigados. Además, para poder obtener la información de los artículos de revistas indizadas, libros, o investigaciones públicas se procedió a identificar palabras claves en inglés y español, e incluirlas en el portal de búsqueda de Google y Google académico, de los resultados sólo se tomaron en cuenta aquellas investigaciones en repositorios y artículos científicos publicados en revistas; considerando una antigüedad de 6 años.

3.7. Rigor científico

La investigación se enmarca en criterios que permiten mantener el estudio coherente en su estructura interna; entendiéndose como la forma en que se

planean cada apartado del estudio; para ello debe cumplir ciertos criterios según Guba (citado por ERAZO, 2011).

Dependencia: esto hace referencia a la consistencia de los resultados del estudio acerca de su propósito principal.

Credibilidad: se refiere a la valoración de las situaciones en las que el estudio pueda identificarse como real, para lo cual es necesario realizar indagaciones de los argumentos teóricos y empíricos confiables y que puedan ser demostrados en todo el proceso de investigación.

Neutralidad: hace referencia a las garantías pertinentes que confirman el proceso de investigación, y que los resultados encontrados son los reales; que los instrumentos permiten obtener resultados con muy poco sesgo, y no existe manipulación de los datos por parte del investigador

Aplicabilidad: a pesar que el estudio no pueda ser aplicado en otros contextos distintos, sí es un referente empírico para otras investigaciones que tratan acerca de la variable en estudio, pues su aporte estará en un instrumento, y en las características de las variables que se estudien.

3.8. Método de análisis de información

Los objetivos de la investigación buscan evaluar las categorías; Residuos urbanos, los métodos de inoculación de compost, condiciones operativas, componentes del compost, las nuevas tecnologías, además cada una de ellas con sus respectivas subcategorías, buscándose contrastar las nuevas aplicaciones en las técnicas de compostaje a partir de residuos sólidos.

3.9. Aspectos éticos

El presente estudio de investigación ha sido elaborado siguiendo los lineamientos otorgados por la Universidad Cesar Vallejo, y los principios éticos como la beneficencia, autonomía y justicia. Siendo estos, pertinentes en el desarrollo de la investigación, la cual se ha caracterizado por ser minucioso al emplear las fuentes secundarias (revisión bibliográfica) para la obtención de la información. En ese sentido, Belmont (2017) señala que la justicia es un principio ético de mucha relevancia, ya que influye en la recolección de información, dado que puede darse

el caso que sea confidencial; otro aspecto ético es el respeto, es importante sobre todo en aquellas personas que están involucradas de forma indirecta y son necesarias porque contribuyen en la investigación (brindar información). Por otro lado, se encuentran las teorías que son aquellas quienes enfatizan el desarrollo del estudio.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ese capítulo se describe las respuestas a los objetivos de investigación; los cuales son el contraste de la revisión bibliográfica a través de la matriz base de datos cuyos aportes fueron considerados como antecedentes. Como primer punto a trabajar es analizar los tipos de residuos sólidos urbanos que se usan en el compostaje.

- **OE1:** Analizar los tipos de residuos sólidos urbanos que se usan en el compostaje

Tabla 9: *Analizar los tipos de residuos sólidos urbanos*

| Tipo de residuos sólidos | Periodo | Metodología | Resultados | Autor |
|--|---------------------------------|---|--|--------------------------|
| orgánicos (Estiércol de vaca, residuos de cocina, lodos de depuradora y residuos del mercado de verduras). | Se desarrollo durante 8 semanas | Se desarrollaron dos tipos de evaluación de compost: Mediante el reactor de vermicompostaje y el contenedor de lombriz | El reactor de vermicompostaje mostro los siguientes valores después de la aplicación del compost en propiedades físicas y químicas pH: 7.0 CE (mS/cm): 4.9 Materia orgánica (%):32.7 N (%): 1.6 P (%): 0.5 El contenedor de lombriz mostro los siguientes valores en propiedades físicas y químicas pH: 7.0 CE (mS/cm): 7.7 Materia orgánica (%):41.2 N (%): 1.8 P (%): 0.5 | Ornuma y Chavalit (2016) |

| | | | | |
|--|-----------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| <p>Orgánicos (Residuos de animales, Pieles de patata, plátano, frutas y verduras)</p> | <p>Se desarrollo en 7 semanas</p> | <p>Elaboraron 15 camas (pilas) y se colocan los desechos en cada una de ellas, además se airean de forma manual y se cambia de pila cada dos semanas</p> | <p>Sin inicio del proceso de compostaje: Densidad (Kgm^{-3}): 115.8 Humedad (%): 32.2 pH: 6.23 N (%): 0.87 C/N: 52.4 CE (cmol/kg): 31.1 Temperatura (°C): 60</p> <p>Finalización del proceso de compostaje: Densidad (Kgm^{-3}): 153.5 Humedad (%): 38.6 pH: 8.68 N (%): 1.37 C/N: 13.1 CE (cmol/kg): 50.1 Temperatura (°C): 40</p> | <p>Saldarriaga y otros (2018)</p> |
| <p>Orgánicos Estiércol, Residuos verdes, Residuos domésticos, Aguas residuales.</p> | <p>-</p> | <p>Realizaron una revisión de la literatura que describe la calidad del compost empleando diferentes materias primas</p> | <p>Las propiedades del compost más comunes documentadas fueron Total de Nitrógeno, Total de carbono, y el pH.</p> | <p>Faverial y otros (2016)</p> |
| <p>Inorgánicos Residuos plásticos</p> | <p>-</p> | <p>Para analizar la cantidad de plástico en el compostaje se empleó el método de separación de densidad y microscopía optima.</p> | <p>Todos los abonos contenían plástico que son contaminantes del medio ambiente, siendo un total 0.34 a 47.53 kg de plástico por hectárea (ha), destacando que el plástico es una fuente de materia prima para la elaboración de compostaje a través de la degradación.</p> | <p>Braun y otros (2020)</p> |

| | | | | |
|---|---|---|--|---------------------------------|
| <p>Orgánicos Desechos de cocina, Desechos de mercado, Hojas, Pastos, ramitas, Inorgánicos (papel, ropa, algodón, serrín y otros desechos)</p> | <p>Se desarrolló durante 12 semanas</p> | <p>La metodología empleada fue llevar los desechos urbanos a un laboratorio, luego se colocaron en los pozos de compostaje donde se esparcieron en el suelo y se midieron sus valores</p> | <p>Con la aplicación de compost sus propiedades físicas y químicas fueron: pH: 7.3 Materia orgánica (%): 22.5 CE (dS/m): 2.60 C/N (Ratio): 14.5</p> | <p>Rahman y otros (2020)</p> |
| <p>Orgánicos Estiércol de animal de ganado,</p> | <p>Se desarrolló durante 15 a 20 años</p> | <p>Realizaron una revisión de la literatura que describe la calidad del compost y los microorganismos involucrados en el compostaje</p> | <p>Se observó que los principales microorganismos que se involucran con el compostaje son los hongos y bacterias, además que los compostajes que tienen mejora en la incidencia en los parámetros físicos, químicos es el vermicompostaje de residuos orgánicos.</p> | <p>Neklyudov y otros (2016)</p> |
| <p>Orgánicos Desechos de cocina, Desechos de jardín, Desechos agrícolas</p> | <p>Se desarrolló durante 5 semanas</p> | <p>Se emplearon las técnicas de compostaje con pilas estáticas y fosas de suelo para determinar el mejor método de manejo de residuos sólidos urbanos</p> | <p>El compostaje de fosas de suelo es el método de compostaje menos eficiente con respecto al compostaje de pilas estáticas</p> | <p>Aslam y otros (2019)</p> |
| <p>Orgánicos Cáscara de plátano</p> | <p>Se desarrolló durante 7 días</p> | <p>Se empleó como proceso de compostaje la cáscara de plátano en forma</p> | <p>Durante este proceso se obtuvo que el rango de temperatura general de 25 ° C a 47 ° C, demostrando que ocurrirá la fase activa para el</p> | <p>Kadir y otros (2016)</p> |

| | | | | |
|---|---|--|--|-----------------------|
| | | de líquido para la fermentación con los fertilizantes químicos. | compost. Además, el pH fue de 5.1 a 8.6 | |
| Orgánicos Piel de naranja, Desechos de pescado | | Para la recolección de las muestras de simulaciones de los procesos de compostaje se empleó un espirómetro dinámico a escala piloto | Los resultados indican que el compostaje podría ser un proceso alternativo eficaz para minimizar las emisiones de olores por la alta biodegradabilidad del sustrato | Toledo y otros (2017) |
| Orgánicos Estiércol de aves de corral, Desechos vegetales, Paja de arroz | - | Emplearon como método la simulación de los efectos de las condiciones experimentales sobre la variación de los parámetros Físicos, químicos | Los resultados mostraron que: pH: 8.3 Pb (mg/kg dm): 1.0 Cr (mg/kg dm): 25 Cd (mg/kg dm): 2.1 | Ajmal y otros (2020) |
| Residuos orgánicos | - | Realizaron una revisión de la literatura que describe el impacto potencial sobre la biodegradación de contaminantes orgánicos a base de la tecnología de compostaje para la remediación del suelo. | El compost estimula los microorganismos del suelo a través de los nutrientes y materia orgánica, generando nuevos inóculos que mejoran la actividad microbiana del suelo y biodegradan los contaminantes orgánicos. Asimismo, el 84% de hidrocarburo de petróleo y plaguicidas se degradó por la inoculación de <i>Candida catenular</i> y sin la inoculación de alguna bacteria la eliminación fue del 48%. Con referencia al hidrocarburo aromáticos cíclicos la | Ren y otros (2018) |

| | | | | |
|---|---|--|---|--------------------------|
| | | | inoculación no fue significativa en la degradación. Además, las propiedades físicas y químicas mejoraron después de la adición del compostaje | |
| <p>Orgánico</p> <p>Estiércol de ganado, pasto, desechos de alimentos, tallos, maíz.</p> <p>Inorgánico</p> <p>Hojas, aserrín, astillas de madera</p> | El proceso de compostaje duro dos meses | Para resistir la lluvia y las inclemencias del tiempo, el compostaje se prepara en forma de pilotes y abriga del sol con un galpón. La dimensión del pilote es la siguiente: 2 m (Largo) × 2 m (Ancho) × 1,5 m (Alto). | El compostaje reduce un máximo del 65% el volumen inicial de las emisiones de efecto invernadero y el lixiviado, además al suelo lo abastece de nutrientes fortaleciendo de forma física y química. | Sudharsan y otros (2018) |

Fuente: Elaboración propia

Con referencia a la tabla 9, se puede describir que existe una gran variedad de tipo de residuos sólidos para la elaboración de compost que son empleados para fortalecer el suelo, es así que los trabajos de Aslam y otros (2019) junto con el de Rahman y otros (2020), poseen los mismos tipos de residuos para la elaboración de compost a base de desechos de cocina, desechos de jardín, desechos de mercado. Al respecto Wei y otros (2017) y de Neyklyudov y otros (2016). Investigaron el empleo de residuos de papel como materia prima para realizar compostaje. Además, se encuentra el trabajo de Sudharsan y otros (2018), indicando que el compostaje orgánico como el estiércol de ganado, pasto, desechos de animales entre otros y el inorgánico como hojas reducen en 65% el volumen las emisiones de efecto invernadero y el lixiviado.

Por otra parte, existen otros tipos de residuos sólidos como pieles de patata, plátano, frutas y verduras (Faverial y otros, 2016), además de la piel de naranja (Toledo y otros, 2016), también se emplea la cáscara de plátano como tipo de residuo sólido (Kadir, Rahman y Azhari, 2016). Por otro lado, las heces de animales también son ejemplos de tipo de residuos sólidos tal como estiércol de aves de corral, adicionalmente los desechos vegetales, paja de arroz. (Ajmal y otros, 2020) y los residuos verdes, residuos domésticos y aguas residuales (Faverial y otros, 2016). También se considera a Ren y otros (2018) manifestando que el compostaje de residuos sólido genera inóculos que mejoran la actividad microbiana y degradan contaminantes orgánicos y no genera efecto sobre el hidrocarburo aromáticos cíclicos.

OE2: Comparar las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio

Como segundo objetivo específico se tiene el comparar las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio, para lo cual se considera evidencia que será expresado en la siguiente tabla:

Tabla 10. *Comparar las condiciones operativas optimas del compostaje aerobio y anaerobio de compost*

| Tipo de degradación | Objetivo | Metodología | Aerobio | | Anaerobio | | Autor |
|------------------------------|---|---|--|--|--|--|-------------------------------|
| | | | Días | Parámetros físicos y químicos | Días | Parámetros físicos y químicos | |
| Policlorados bifenilos (PCB) | Analizar la degradación de bifenilos policlorados por compostaje secuencial anaeróbio-aeróbio | Para producir el suelo contaminado por PCB se añadió Aroclor 1260, que contiene 12 átomos de carbono y 60% de cloro. Los experimentos se llevaron a cabo en un frasco de vidrio de 5 litros que fueron cubiertos con una hoja de vidrio y se hizo hermético. Además, se emplearon dos métodos de compostaje el aerobio y anaerobio. Todo el proceso del experimento tomo 98 días. | El experimento con el método aerobio incluyo 28 días, además desarrollaron 14 ciclos cada ciclo fue de 2 días. | Durante este tipo de compostaje el valor de pH fue mayor a 7.5 El total de nitrógeno aumento durante el experimento El proceso de degradación de PCB a través de este método fue de 2.6% | El experimento con el método aerobio incluyo 70 días, además desarrollaron 14 ciclos cada ciclo fue de 5 días. | Durante este tipo de compostaje el valor del pH fue mayor a 6.5 y menor 7. El total de nitrógeno disminuyo durante todo el experimento. El proceso de degradación de PCB a través de este método fue del 3%. | Long y otros (2015) (autores) |

| | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|---|--|-------------------------|
| Residuos orgánicos | Establecer un análisis comparativo del compostaje aerobio y anaerobio | Se explicará los métodos de compostaje aerobio y anaerobio además de los factores y sus avances. | Los primeros días de este tipo de compostaje la temperatura se incrementa de 70° a 80 °C. | El pH alcanza valores entre 6.0 a 7.5. Su nivel de Humedad fue de 40% a 65% Los principales nutrientes presentes en este compost son: Carbón, Nitrógeno, fósforo y Potasio | La temperatura que se alcanza es menor a 70°C y mayor a 10°C. | El valor de pH se ubica entre el rango de 6.5 y 8.0. Intervienen patógenos que se consideran principales amenazas por ausencia de calor que no permite su destrucción. | Mentha y Kanak (2018) |
| Compostaje de residuos sólidos urbanos | Estimar el valor de fertilizante de material compostado | Emplearon dos métodos de compostaje el aerobio y anaerobio a base de desperdicios de alimentos, restos de vegetales, residuos de cultivos, estiércol de animal y desperdicios de frutas. Luego fueron recolectados para posteriormente ser cortados mecánicamente en | Se realizo este proceso durante 120 días. | Durante este proceso el pH fue de 8.23 El Nitrógeno: 9.2% La relación C/N: 23.85 | Se realizo este proceso durante 120 días. | Este método sus valores fueron: pH: 7.43 El Nitrógeno: 9.2% C/N: 18.40 | Shah entre otros (2018) |

| | | | | | | | |
|-------------------|---|---|--|---|--|---|--------------------------------|
| | | una partícula en tamaño de 4 cm, con 120kg de material homogeneizado colocándose en un piso de concreto limpio durante 120 días. | | | | | |
| Bioplásticos | Proporcionar una visión crítica de los estudios sobre la degradación de bioplásticos en condiciones de compostaje aerobio y anaerobio | Se considera las propuestas por varios autores como metodologías para desarrollar y monitorear el proceso de biodegradación de varios bioplásticos. | Los periodos que puede demandar este tipo de compostaje son de 30 días hasta 180 días. | Para lograr la desintegración de materiales plásticos en este tipo de compostaje se requiere de residuos sólidos sintéticos estándar y homogéneos. Donde la temperatura es menor e igual a 35°C y mayor a 55°C. | Los periodos que puede demandar este tipo de compostaje son de 28 días hasta 180 días. | En este tipo de compostaje la biodegradación de bioplásticos se realiza a base de la celulosa, almidón. Donde a temperatura es menor e igual a 35°C y mayor a 55°C. | Ruggero, Gori y Lubello (2019) |
| Plantas de tomate | Evaluar la digestión anaerobia de residuos tras | Se utilizó un modelo TOC-VCSH para determinar el total carbono orgánico, a | Se considera un periodo de 10 días | La materia orgánica se puede disolver o suspender, siempre que la solubilización y / o hidrólisis se | Se considera un periodo de 10 días | El proceso de digestión anaerobia se mantuvo estable durante el experimento para | Gil y otros (2018) |

| | | | | | | | |
|-----------------------|--|--|--------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| | aplicar el pretratamiento más adecuado en función a un ensayo de biodegradabilidad aerobia. | través del método de la oxidación catalítica de todo el carbono | | produce dentro de las 20 horas bajo las condiciones de prueba | | ambos sustratos (pretratados y sin tratar); el pH se mantuvo alrededor de los valores de 7.71 | |
| Residuos de alimentos | Evaluar el rendimiento de un biorreactor híbrido anaerobio y aerobio que trata de los desechos de alimentos mediante la adición de estiércol | Los desechos de comida se trituraron con una batidora en trozos gruesos, mezclados y almacenados en temperatura de 2 a 4°C hasta su uso. El estiércol se mantuvo en el frigorífico a 2 a 4°C antes del experimento. Se experimentaron tres biorreactores a escala de laboratorio para evaluar la descomposición de los alimentos de residuos | El proceso duro 240 días | Los resultados mostraron: Residuos de alimentos pH:6.02 CE (mS/cm): 25.91 Humedad: 74.09 Proteína (%): 13.91 Carbón (%): 51.59 C/N: 24.04 Estiércol pH:7.98 CE (mS/cm): 3.81 Humedad: 79.49 Proteína (%): 11.63 Carbón (%): 58.63 C/N: 24.04 | El proceso duro 240 días | Los resultados mostraron: Residuos de alimentos pH:6.02 CE (mS/cm): 25.91 Humedad: 74.09 Proteína (%): 13.91 Carbón (%): 51.59 C/N: 24.04 Estiércol pH:7.98 CE (mS/cm): 3.81 Humedad: 79.49 Proteína (%): 11.63 Carbón (%): 58.63 C/N: 24.04 | Aliasgari y otros (2019) |

| | | | | | | | |
|-----------------------|--|--|---------------------------------|---|---------------------|---|------------------------|
| | | sólidos durante 240 días. | | | | | |
| Residuos alimentarios | Evaluar los productos bioplásticos biodegradables y compostables en condiciones reales de una planta típica de digestión anaerobia | La mezcla de residuos de alimentos fue a través de un inóculo en una proporción de 250 ml. | Período de 45 días a 12 semanas | - | Período de 23 días | Con referencia al análisis físico químicos el valor de desintegración de la celulosa fue del 31% después del tratamiento anaerobio. | Bandini y otros (2020) |
| Estiércol de lechería | Comprender la inactivación de patógenos en digestión anaerobia. | El estiércol sólido permitió crear una pila de estiércol mesófilo, que luego el sólido se separa del estiércol a través de un líquido mecánico. Durante el periodo de digestión se midió el E. Coli en el estiércol para comprender su inactivación. | Período de 60 días | Durante el proceso de la digestión aerobio el pH varió de 7.4 a 9.2, la humedad disminuyo durante todo el proceso, el Carbono (%) fue de 0.4%, el total de nitrógeno (%) fue de 0.3%. Además, la eliminación de bacterias E. coli: Se | Período de 78 días. | Durante el proceso de la digestión anaerobia el pH fue de 8.0, la humedad disminuyo, el carbono fue 0.1%, el total de nitrógeno fue de 0.2%. Adicionalmente la eliminación de bacterias: E. coli sucede más allá de los 60 días y Salmonella en 30 a 35 días | Pandey y otros (2016) |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--------------------------------------|---|---------------------------------------|--|---------------------|
| | | | | inactivo en 30 a 35 días, en cambio la Salmonella en 4 a 12 días | | | |
| Degradación de ésteres organofosforados en lodos de depuradora | Evaluar la degradación de los esterases organofosforados con diferentes tratos | El compostaje aerobio se realizó empleando un biorreactor de compostaje a escala de banco, que estaba hecho de cloruro de polivinilo no plastificado con un diámetro de 620 mm y un diámetro interior de 600mm. Además, se realizaron tratamientos de compostaje aerobio a través del uso de lodos de depuradora combinado con estiércol de cerdo, el compostaje anaerobio mediante el uso de lodos de depuradora sin estiércol de cerdo | El periodo de proceso fue de 25 días | La temperatura se incrementó durante todo el experimento hasta 60°C, la humedad se mantuvo en 60% | El periodo de proceso fue de 75 días. | La temperatura se mantuvo en 40° C al final del compostaje, la humedad alcanzo valores de 35% hasta 60%, la relación C/N no hubo cambios se mantuvo constante. | Pang y otros (2018) |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--|---|--|--|--|---------------------------------------|
| <p>Estiércol de cerdo</p> | <p>Evaluar la escala de partículas de la emisión de metano través del estiércol de cerdo</p> | <p>presenta un modelo a escala de partículas para compostaje aerobio de estiércol de cerdo / paja de trigo que incorpora Cinética de oxidación y generación de CH4</p> | | <p>Poseen un alto rendimiento de escala de CH4.</p> | | | <p>Ge y otros (2016)</p> |
| <p>Compostaje de arena para pavos</p> | <p>Analizar la biodegradación aerobia del tricloroetileno por microorganismos del consorcio de abono de arena de pavo</p> | <p>El compostaje fue llevado a cabo por el método indicado por Raabe que implica cavar un pozo en un área donde no llegue la lluvia. Los desechos del corral se extendieron a una profundidad de 3-4 cm y luego la arena húmeda para pavos se esparce con una capa de tierra vegetal de 2-3 cm</p> | <p>El periodo de proceso fue de 15 días</p> | <p>Con la aplicación del compostaje se elimina de forma efectiva el tricloroetileno y sus metabolitos.</p> | | | <p>Baskaran y Rajamanickam (2019)</p> |

| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

Fuente: Elaboración Propia

Acerca de la tabla 10, sobre las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio, se considera el pH y la temperatura como indicadores de incidencias además de los cambios en los procesos de descomposición. En tal sentido durante el proceso anaeróbico el pH se mantuvo dentro de los rangos permitidos de valores superiores a 7.00 y menores a 6,5 (Long y otros, 2015) (Mehta y Sirari, 2018). En cambio, el compostaje aeróbico el valor de pH fue por debajo del 6,5 y se mantuvo en el rango de 7.5 durante el proceso de compostaje (Menta y Sirari, 2018), pero también se presentó en el mismo proceso un nivel de pH superior a 7, que alcanzo el valor de 8,23 (Shah y otros, 2018), similar en el proceso de compostaje anaeróbico que su valor máximo fue de 7.71 (Gil y otros, 2018).

Al respecto de la temperatura en el proceso anaeróbico se mantuvo entre 40° y 70° C durante todo el proceso de compostaje (Mehta y Sirari, 2018)., (Pang y otros, 2018) (Aliasgari y otros, 2019). En cambio, en el método de compostaje aeróbico fluctuó entre los 35° C hasta los 55°C según las etapas del proceso de compostaje (Ruggero, Gori y Bello, 2019). Al respecto del impacto en las bacterias en el método de compostaje anaeróbico se detectaba entre los 30 a 60 días de la incubación y sucedía su eliminación, en cambio en el sistema aerobio se procedía a eliminar en 30 a 35 días (Pandey y otros, 2016), por otro lado, la desintegración del compost anaerobio fue negativo con referencia al ácido láctico (Bandini y otros, 2020). Adicionalmente el compost aerobio posee impacto para la generación de CH₄ mediante partículas de compostaje (Ge y otros, 2016). Finalizando Baskaran y Rajamanickam (2019) con el compostaje de arena para pavos logra eliminar el tricloroetileno en su totalidad.

OE3: Analizar los microorganismos que se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos

Como tercer objetivo específico se tiene que analizar los microorganismos que se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos para lo cual se considera evidencia que será expresado en la siguiente tabla

Tabla 11. Microorganismos que se emplean para la inoculación del compostaje

| Formas de compost | Métodos de Inoculación | Objetivo | Metodología | Resultados | Autor |
|--------------------------------|--|---|--|---|--------------------------|
| Residuos sólidos urbanos | Hongos | Evaluar la influencia sobre las actividades enzimáticas microbianas y la calidad del compost terminado | Adición de hongos de podredumbre blanca a los residuos sólidos urbanos | Los hongos Deshigonesa: <i>Fomentarius</i> incrementaron la actividad en 642% en los residuos sólidos y <i>trametes versicolor</i> lo incremento en 825% respectivamente. | Voberkova y otros (2017) |
| | <i>Fomes fomentarius,</i> <i>Trametes Versicolor,</i> <i>Phanerochaete</i> <i>Chrysosporium</i> | | | | |
| Compostaje de residuos solidos | <i>Phanerochaete</i> <i>Chrysosporium</i> | Evaluar el impacto de <i>Phanerochaete</i> <i>Chrysosporium</i> en la comunidad bacteriana indígena y la toxicidad de los metales en el compostaje de desechos agrícolas contaminados | La temperatura de la pila en cada pila de compost se registró mediante un termómetro. El contenido de humedad se estimó en base a pérdida de peso a 105°C. La materia orgánica total (TOM) se midió por la pérdida de peso por ignición a 540 ° C. | Los resultados mostraron que el efecto fue a través de la temperatura ambiente que varió de 25° a 29°C durante todo el proceso de compostaje. | Huang y otros (2017) |

| | | | | | |
|------------------------------|---|--|--|---|----------------------|
| Desechos verdes | <i>T. Versicolor, P. Chrysosporium</i> | Evaluar la inoculación del hongo de la pudrición blanca <i>T. Versicolor</i> y <i>P. Chrysosporium</i> aceleran el compostaje de desechos verdes | Antes del compostaje, se añadió urea a la materia prima para ajustar la relación C / N, se añadió agua para ajustar el contenido de humedad a 60–70%; este contenido de humedad se mantuvo regando cada semana durante la operación de torneado a lo largo del proceso de compostaje | Los resultados reflejaron que la Lignina: El <i>P. Chrysosporium</i> redujo la descomposición en un 7,1% y el <i>T. versicolor</i> en un 8,2%. Por otro lado, la Celulosa: El <i>P. Chrysosporium</i> lo redujo en un 10,6% y el <i>T. versicolor</i> en 13% respectivamente. | Gong y otros (2016) |
| Desechos alimentarios | <i>Pre tratamiento del inóculo, Pre tratamiento más reciclaje de lixiviados, Se examinó el reciclado de lixiviados únicos y el rendimiento del reactor de lecho de lixiviado comparado en condiciones de inoculación.</i> | Evaluar el tratamiento de residuos de alimentos y la síntesis de ácidos grasos utilizando un reactor de lecho de lixiviación. | Tres estrategias de inoculación que incluyen (1) pretratamiento del inóculo, (2) Se examinó el reciclado del lixiviado y (3) se examinó el rendimiento del reactor lecho de lixiviado. | El método de inoculación influyó en la hidrólisis de desechos alimentarios del reactor de lecho de lixiviado, siendo el rendimiento de la hidrólisis elevado | Ayele y otros (2020) |

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|------------------------|
| | | | | de 771 g cum. sCOD/kg, | |
| Desechos orgánicos (aves de corral, estiércol, residuos agrícolas y residuos sólidos municipales) | <i>Inoculación de Actinomicetos</i> | Evaluar el efecto de los actinomicetos termofílicos sobre la degradación de lignocelulosa, actividades enzimáticas y microbianas | Las actividades fueron estimadas por el método de Schinner y von Mersi (1990) usando abedul xilano de madera como sustrato | La inoculación exhibió un impacto positivo en la mejora del grado de la descomposición de la lignocelulosa y mantenimiento de actividades enzimáticas clave en el abono de paja de trigo | Wei y otros (2018) |
| Abono de estiércol de pollo con paja de maíz | 10 cepas de <i>Bacillus Licheniformis</i> , 5 cepas de <i>Bacillus Amyloliquefaciens</i> , 3 cepas de <i>Ureibacillus Thermosphaericus</i> , 2 cepas de <i>Bacillus Megaterium</i> y <i>Geobacillus Pallidus</i> , 1 cepa de <i>Bacillus Pumilus</i> , <i>Geobacillus sp.</i> y <i>Paracoccus denitrificans</i> aisladas del compost, 7 | Evaluar los efectos de la inoculación con microorganismos en compost de estiércol de pollo con paja de maíz | Se empleó la evaluación de las influencias de la temperatura, la humedad, el pH, la relación C / N, la transformación de nitrógeno, niveles de humificación y madurez del compostaje | La inoculación con los microorganismos prolongó la etapa termofílica en el compostaje en comparación con los grupos de control, aumentando la temperatura, pH e | Leibing y otros (2020) |

| | | | | | |
|--|--|--|--|---|--|
| | <i>cepas de colectivos agrícolas de China (ACCC)</i> | | | índice de germinación a medida que avanzaba el período de compostaje | |
|--|--|--|--|---|--|

| | | | | | |
|---|--|--|--|---|--------------------------------|
| <p>Compostaje de cáscara de cítricos</p> | <p>Microorganismos</p> <p>Bacilus, Lactobacillus, Sphingobacterium, Sphingobium, Thermotunica, Planifilum, Saccharomonospora, Klebsiela, Acetobacter, Weissela, Pseudomonas, Geobacillus, Oceanobacillus, Pseudocrobater, Flavobacterium, Pseudoxanthomonas, Corynebacterium, Thermobifida, Brevundimonas, Enterobacter, Bordetella, Pantoea, Comamonas, Brachybacterium, Lysinibacillus, Clostridium_sensu_stricto_1, Thermoactinomyces, norank_c_Bacilli, Paenibacillus</p> | <p>Analizar la inoculación de los microorganismos durante el compost de residuos cítricos.</p> | <p>En este estudio, el inoculante del compostaje fue una mezcla de varias bacterias que se seleccionaron a partir de muestras de compost de cáscara de huerto cítricos</p> | <p>La temperatura se incrementó de manera rápida a 55° C en los primeros 2 días, principalmente por la rápida degradación de las materias orgánicas por la inoculación de microorganismos</p> | <p>Wang entre otros (2019)</p> |
|---|--|--|--|---|--------------------------------|

| | | | | | |
|---|--|--|---|---|--------------------------------------|
| <p>Estiércol de vaca</p> | <p>Bacterias celulolítica</p> <p>Bacillus Subtilis (2,0 ml), B. Tequilensis (1,0 ml), B. Venezuelans (1,0 ml), B., Amyloliquefaciens (1,0 ml)</p> | <p>Investigar el estiércol de vaca y las bacterias celulolíticas sobre las características húmicas durante el compostaje de residuos sólidos urbanos</p> | <p>Los análisis de ácidos húmicos se realizaron mediante analizador elemental, UV y Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier durante 90 días de compostaje.</p> | <p>El microbiota incrementó la degradación e incremento la temperatura liberando más calor</p> | <p>Rastogi, Nandal y Naln (2019)</p> |
| <p>Compostaje estiércol de pollo</p> | <p><i>Streptomyces sp.</i>, <i>Micromonospora sp</i></p> | <p>Comparar la influencia de diferentes métodos de inoculación, funcionalidad, densidad y estructura comunitaria</p> | <p>El agente actino bacteria que incluye <i>Streptomyces sp.</i> y <i>Micromonospora sp.</i> fueron inoculados durante el compostaje de estiércol de pollo mediante diferentes métodos de inoculación</p> | <p>Se mostró que la inoculación en diferentes etapas del compostaje mejoró la diversidad de la comunidad de actino bacterias. Además, la inoculación podría acelerar claramente la degradación de las materias orgánicas (MO) principalmente celulosas.</p> | <p>Zhao entre otros (2016)</p> |

| | | | | | |
|--|--|--|---|--|-------------------------------|
| <p>Compostaje de residuos sólidos</p> | <p><i>Solubilizadoras de Fosfato (PSB), Métodos de Solubilización de Fosfato de Roca, Comunidad Bacteriana</i></p> | <p>Evaluar el efecto de la aplicación e inoculación de bacterias Solubilizadoras de fosfato (PSB), métodos de solubilización de fosfato de roca (RP) y comunidad bacteriana durante el compostaje.</p> | <p>Se llevaron a cabo cinco grupos de experimentos de compostaje y todos de los tratamientos se repitieron tres veces.</p> | <p>Mostraron que la inoculación de Solubilizadoras de Fosfato (PSB) mejoro la diversidad y abundancia de PSB, además de la comunidad bacteriana, y también aumentó el contenido de fósforo disponible potencial.</p> | <p>Wei entre otros (2017)</p> |
| <p>Paja de maíz</p> | <p>Bacterias</p> | <p>Evaluar los roles de diferentes humin y la comunidad bacteriana resistente al compostaje en la remoción de metales pesados</p> | <p>La comunidad bacteriana resistente a metales pesados se seleccionó a partir de diferentes muestras de compostaje de residuos y enriquecidas en Medio LB.</p> | <p>Las bacterias resistentes a los metales pesados del compostaje tienen mejores capacidades de unión a los metales, estimulando su</p> | <p>Wei y otros (2019)</p> |

| | | | | | |
|--------------------|---|---|--|--|---------------------|
| | | | | <p>biosorción que mejora la diversidad y biomasa de la comunidad bacteriana. Además, facilita la eliminación de iones metálicos por ende la contaminación del suelo.</p> | |
| Residuos orgánicos | <i>Paenibacillus sp, Bacillus gaemokensis, zeolita 1, zeolita 2</i> | Eliminar metales pesados del sistema de compostaje utilizando métodos novedosos de bacterias funcionales. | El sistema de compostaje se realizó a base de tierra y polvo de maíz, se montaron cinco pilas experimentales con aproximadamente 21,6 kg de material (seco la relación en peso fue suelos: polvos de maíz) | Las bacterias funcionales pueden afectar directamente la eliminación de metales como Cu, Cd y Cr, y también puede afectar indirectamente la eliminación de Pb y Cr. | Yang y otros (2019) |

Fuente: Elaboración Propia

Con referencia a la tabla 11, acerca de los métodos de inoculación del compost de residuos sólidos se puede observar que existen una gran diversidad de métodos que son generados por hongos, bacterias, actinomicetos, microorganismos, agente Antibacterial, entre otros. En ese sentido a través de la inoculación del hongo *Phanerochaete chrysosporium* en los compost de residuos sólidos urbanos, residuos agrícolas y desechos verdes cuyos resultados reflejan un incremento en 8-30% de la actividad proteasa (Voberkova y otros, 2017), en esa misma línea (Huang y otros, 2017), mediante la inoculación del mismo hongo *P. chrysosporium* redujo en 8,2% la descomposición de lignina y en un 13% la Celulosa. Con referencia a la temperatura esta varía de acuerdo al ambiente de 25°C a 29°C durante el proceso de compostaje (Huang y otros, 2017).

Acerca de los microorganismos (Wana y otros, 2020) indicó que se emplearon alrededor de 32 microorganismos clasificados en 10 cepas de *Bacillus licheniformis*, 5 cepas de *Bacillus amyloliquefaciens*, 3 cepas de *Ureibacillus thermosphaericus*, 2 cepas de *Bacillus megaterium* y *Geobacillus pallidus*, 1 cepa de *Bacillus pumilus*, *Geobacillus sp.* y *Paracoccus denitrificans* aisladas del compost, 7 cepas de colectivos agrícolas de China (ACCC), obteniendo como efecto que la inoculación con los microorganismos prolongan la etapa termofílica en el compostaje en comparación con los grupos de control, aumentando la temperatura, pH e índice de germinación a medida que avanzaba el período de compostaje. Por otra parte, (Wang entre otros, 2020) considera 30 microorganismos de los compost piel de cítricos(T2) y a escala a piloto (T1), cuyos resultados mostraron que en la etapa de enfriamiento (21d) después de la aplicación de los microorganismos, hubo microorganismos dominantes en T1, siendo el *Bacillus* y *Sphingobacterium*.

Al respecto de las bacterias como métodos de inoculación se consideraron el *Bacillus Subtilis* (2,0 ml), *B. Tequilensis* (1,0 ml), *B. Venezuelans* (1,0 ml), *B. Amyloliquefaciens* (1,0 ml), obteniendo como resultados que la temperatura de todos los tratamientos aumentó entre el día 15 y el día 30 después de la inoculación, llamándose fase mesofílica (Rastogi, Nandal y Naln, 2019). Por otro lado, se tienen las bacterias *Solubilizadoras de Fosfato* (PSB), Métodos de solubilización de fosfato de roca, Comunidad bacteriana, siendo sus resultados que la inoculación de PSB

mejoro la diversidad y abundancia de la comunidad bacteriana, además del contenido de fósforo.

También está dentro del proceso de inoculación el agente Antibacteria empleando al *Streptomyces sp*, *Micromonospora sp*, cuyos resultados reflejaron que todos mejoraron la diversidad de la comunidad de actino bacterias, particularmente en la etapa de enfriamiento del compostaje. (Zhao entre otros, 2016), adicionalmente existen la inoculación de actinomicetos que genera un impacto positivo en la mejora del grado de la descomposición de la lignocelulosa y mantenimiento de actividades enzimáticas clave en el abono de paja de trigo y paja de arroz (Wei entre otros, 2018). Asimismo (Ayele entre otros, 2020), indicaron pre tratamientos del inóculo, pre tratamiento reciclado de lixiviado, además del reciclado de lixiviados únicos y el rendimiento del reactor de lecho de lixiviado comparado en condiciones de inoculación, considerando como resultados que el método de inoculación influyó en la hidrólisis de desechos alimentarios del reactor de lecho de lixiviado, siendo el rendimiento de la hidrólisis elevado de 771 g cum. sCOD/kg.

OE4: Analizar las propiedades físicas, químicas y microbiológicas que tiene el compostaje de residuos sólidos urbanos.

Como cuarto objetivo específico se tiene que analizar las propiedades físicas y microbiológicas que tiene el compostaje de residuos sólidos urbanos para lo cual se considera evidencia que será expresado en la siguiente tabla

Tabla 12. *Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores De Sousa y otros (2017)*

| Formas de compostaje | Dosis (mg ha-1) | Días | pH (Del suelo) | CE (dSm-1) | TCO (gkg-1) | P (mg dm-1) | Ca+2(mmol_cdm-3) | Cr (mgkg-1) | Mg+2(mmol_cdm-3) | Na+(mmol_cdm-3) | Autor |
|--------------------------------|--------------------------------|------|----------------|------------|-------------|-------------|------------------|-------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| Curtiduría compostada de lodos | Control (Sin dosis de compost) | 0 | 4.4 | 0.22 | 5.9 | 5.5 | 15 | 2 | 5.8 | 3.8 | De Sousa y otros (2017) |
| | | 45 | 4.7 | 0.49 | 5.9 | 5.4 | 11 | 2 | 6.2 | 4.2 | |
| | | 75 | 5 | 0.63 | 5.7 | 5.5 | 12 | 2 | 6.2 | 4.5 | |
| | | 150 | 4.8 | 0.5 | 5.7 | 4.8 | 12.5 | 2 | 6 | 4.5 | |
| | | 180 | 4.5 | 0.45 | 5.5 | 4.7 | 11 | 0 | 5.6 | 4.3 | |
| | 2.5 | 0 | 4.5 | 0.25 | 6.8 | 5.5 | 19 | 10 | 6.6 | 3.9 | |
| | | 45 | 4.8 | 0.61 | 6.9 | 5.4 | 17 | 10 | 7.4 | 4.8 | |
| | | 75 | 5.1 | 0.7 | 7 | 5.8 | 19 | 10 | 7.4 | 4.9 | |
| | | 150 | 5.1 | 0.5 | 5.9 | 4.7 | 16 | 10 | 7.8 | 5.2 | |
| | | 180 | 4.6 | 0.53 | 5.7 | 4.9 | 15 | 9 | 5.8 | 4.7 | |
| | 5 | 0 | 5 | 0.3 | 7.1 | 7.5 | 25 | 30 | 7.4 | 3.9 | |
| | | 45 | 5.4 | 0.59 | 7.3 | 7.5 | 27 | 30 | 9.4 | 4.9 | |
| | | 75 | 5.3 | 0.63 | 7.2 | 6 | 25 | 25 | 7.9 | 4.8 | |
| | | 150 | 5.2 | 0.51 | 6.9 | 5.9 | 23 | 25 | 7.9 | 4.9 | |
| | | 180 | 5.1 | 0.5 | 6.8 | 5.4 | 22 | 29 | 6.7 | 4.8 | |
| | 10 | 0 | 5.2 | 0.23 | 7.4 | 13 | 27 | 30 | 7.8 | 3.9 | |
| | | 45 | 6.1 | 0.6 | 7.5 | 10.2 | 25 | 30 | 9.4 | 5 | |
| | | 75 | 6 | 0.63 | 7.6 | 10.1 | 23 | 100 | 8.6 | 4.9 | |

| | | | | | | | | | | |
|--|----|-----|-----|------|-----|------|----|-----|-----|-----|
| | | 150 | 6 | 0.51 | 6.9 | 9.8 | 22 | 100 | 7.9 | 5 |
| | | 180 | 5.4 | 0.51 | 6.9 | 7.6 | 22 | 98 | 7.5 | 4.6 |
| | 20 | 0 | 6.1 | 0.25 | 8.2 | 13.1 | 30 | 250 | 7.8 | 3.8 |
| | | 45 | 6.2 | 0.78 | 8.3 | 11.5 | 28 | 225 | 9.2 | 5.2 |
| | | 75 | 6.3 | 0.82 | 8 | 13.1 | 25 | 125 | 9.1 | 4.9 |
| | | 150 | 6.2 | 0.52 | 7 | 10.2 | 25 | 125 | 8.2 | 5.3 |
| | | 180 | 6 | 0.5 | 6.8 | 9.6 | 22 | 150 | 6.7 | 4.9 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. *Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Ferreira y otros (2020)*

| Forma de compostaje | Dosis (t/ha) | Años | pH del suelo | CE (dS m ⁻¹) | TCO (gkg ⁻¹) | P (mg kg ⁻¹) | Ca(mmol_kg ⁻¹) | Cr(mgkg ⁻¹) | K (mg dm ⁻¹) | Autor |
|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| Curtiduría de compostados de lodos | Control (Sin asignación de compost) | Décimo Año | 6.3 | 0.25 | 8.8 | 2.9 | 0.9 | 2.6 | 29.6 | Ferreira entre otros (2020) |
| | | Años (1-9) | 6.2 | 0.27 | 9 | 2.8 | 0.8 | 2.5 | 29.6 | |
| | 2.5 | Décimo Año | 7.8 | 1.35 | 21.5 | 5.3 | 1.9 | 10.9 | 58.9 | |
| | | Años (1-9) | 7.6 | 0.9 | 21 | 5.1 | 1 | 10 | 57.8 | |
| | 5 | Décimo Año | 8.1 | 1.7 | 26.7 | 8 | 2.2 | 67.1 | 58.4 | |
| | | Años (1-9) | 8 | 1.13 | 26.1 | 7.7 | 2.1 | 56.5 | 57.2 | |
| | 10 | Décimo Año | 8.6 | 2.81 | 34.7 | 7.8 | 2.8 | 85.5 | 61.6 | |
| | | Años (1-9) | 8.5 | 1.9 | 33.8 | 7.6 | 2.7 | 72.5 | 60.7 | |
| | 20 | Décimo Año | 8.8 | 3.89 | 42.9 | 12.6 | 3.9 | 134 | 73.4 | |
| | | Años (1-9) | 8.7 | 2.45 | 41.8 | 12.1 | 3.7 | 118.3 | 72.3 | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. *Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Zhao, Liu y Dúo (2020)*

| Formas de compostaje | Dosis | Pb (mg·kg⁻¹) | pH | Total, K (%) | Cu (mg·kg⁻¹) | Total, P (%) | Ca (g·kg⁻¹) | Cr (mg·kg⁻¹) | Mg (g·kg⁻¹) | Fe (g·kg⁻¹) | Autor |
|-----------------------------|----------------------------|------------------------------------|-----------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Compost de residuos sólidos | Suelo (Control) | 24.51 | 7.4 | 0.63 | 29.92 | 0.15 | 114.3 | 67.13 | 23.54 | 84.26 | Zhao, Liu y Dúo (2020) |
| | El conjunto compost | 164 | 7.62 | 0.63 | 546 | 0.14 | 30.6 | 90 | 5.78 | 19.9 | |
| | >1,6 mm compost | 118 | 7.85 | 0.53 | 391 | 0.19 | 55.5 | 74 | 8.69 | 27.3 | |
| | 0,8-1,6 mm compost | 122 | 7.79 | 0.48 | 411 | 0.13 | 41.4 | 74 | 8.59 | 30 | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15. *Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Matsui y otros (2020)*

| Formas de compostaje | Ambiente | pH | CE (dSm-1) | K(mg/l) | P (ppm) | C% | N% | NO3(mg/l) | Na(mg/l) | Autor |
|--|-----------------|------|------------|---------|---------|------|------|-----------|----------|---------------------------------|
| Changu (Sistema de pilas de forma cónica) | Abierto | 8.53 | 0.0241 | 270 | 6.67 | 6.18 | 0.54 | 286 | 534 | Matsui entre otros (2020) |
| | Plástico | 8.86 | 0.0245 | 400 | 7.93 | 5.73 | 0.6 | 427 | 607 | |
| | Sombra | 9.45 | 0.0168 | 325 | 4.26 | 5.97 | 0.8 | 625 | 580 | |
| Windrow (Sistema de hileras largas) | Abierto | 9.11 | 0.0157 | 415 | 3.38 | 3.16 | 0.53 | 440 | 430 | |
| | Plástico | 9.37 | 0.0184 | 285 | 4.04 | 6.81 | 0.47 | 585 | 345 | |
| | Sombra | 9.29 | 0.0161 | 350 | 3.41 | 4.29 | 0.4 | 590 | 560 | |
| Bokesi (Compuesto por cubo especial) | Abierto | 9.4 | 0.0133 | 440 | 5.87 | 6.69 | 0.43 | 213 | 375 | |
| | Plástico | 9.32 | 0.0151 | 380 | 8.18 | 1.14 | 0.46 | 490 | 495 | |
| | Sombra | 9.42 | 0.0184 | 315 | 1.69 | 5.15 | 0.28 | 550 | 500 | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. *Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Kucbel y otros (2019)*

| Formas de compostaje | Número de compostaje | N(mg/l) | pH | CE (dSm-1) | OC (mg/l) | S (mg/kg) | WSC (g/kg) | Cr (mg/kg) | K (mg/l) | Na(mg/l) | Autor |
|--|------------------------------|---------|------|------------|-----------|-----------|------------|------------|----------|----------|---------------------------|
| Plantas espinosas, repostería y verduras | Semana inicial (sin compost) | 374 | 6.66 | 0.61 | 4020 | 167.16 | 202 | 0.251 | 756.3 | 756.3 | Kucbel entre otros (2019) |
| | Semana Final (con compost) | 388 | 7.22 | 0.59 | 2940 | 239.4 | 182 | 0.335 | 754.5 | 754.5 | |
| Desechos de leninge | Semana inicial (sin compost) | 352 | 7.26 | 0.622 | 4120 | 241.2 | 188.8 | 0.562 | 832.4 | 832.4 | |
| | Semana Final (con compost) | 325 | 7.07 | 0.603 | 3080 | 191.8 | 175 | 0.502 | 837.6 | 837.6 | |
| Desechos de manzana y cítricos | Semana inicial (sin compost) | 402 | 7.29 | 0.648 | 5240 | 208.3 | 204 | 3.999 | 852.4 | 852.4 | |
| | Semana Final (con compost) | 378 | 7.2 | 0.615 | 4050 | 173.7 | 170 | 2.678 | 856.7 | 856.7 | |
| Desechos de alquifrenales | Semana inicial (sin compost) | 288 | 6.87 | 0.725 | 4790 | 89.2 | 185.5 | 2.678 | 782.2 | 782.2 | |
| | Semana Final (con compost) | 298 | 7.09 | 0.707 | 3670 | 128.3 | 158 | 2.092 | 778 | 778 | |
| Ceras, grasas y pimientos | Semana inicial (sin compost) | 374 | 7.21 | 0.824 | 6050 | 108 | 254 | 0.3335 | 812.4 | 812.4 | |
| | Semana Final (con compost) | 369 | 7.34 | 0.756 | 5230 | 109.8 | 142 | 1.643 | 824.5 | 824.5 | |

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| Desechos de manzana y Kiwi | Semana inicial (sin compost) | 660 | 7.66 | 0.788 | 4820 | 184.3 | 191 | 7.658 | 926.7 | 926.7 |
| | Semana Final (con compost) | 681 | 7.51 | 0.728 | 3260 | 114 | 120.8 | 0.942 | 931.4 | 931.4 |
| Desechos de fresas, uvas y tubérculos | Semana inicial (sin compost) | 490 | 4.2 | 0.517 | 9720 | 54.2 | 248 | 25.155 | 411.1 | 411.1 |
| | Semana Final (con compost) | 439 | 4.23 | 0.443 | 6840 | 75.4 | 179 | 48.7 | 393 | 393 |
| Desechos de hortalizas | Semana inicial (sin compost) | 502 | 4.38 | 0.566 | 9640 | 96.8 | 300 | 51.07 | 311.1 | 311.1 |
| | Semana Final (con compost) | 745 | 4.57 | 0.54 | 10560 | 148 | 308 | 53.32 | 454.5 | 454.5 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. *Propiedades químicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Dhar y otros (2019)*

| Formas de compostaje | pH del suelo | Ec (dS m ⁻¹) | Total, C% | Total, p % | Total, Fe% | C/N | Total, K% | Total, N% | Autor |
|--|--------------|--------------------------|-----------|------------|------------|------|-----------|-----------|-------------------------|
| Residuo urbano (Compost de paja de arroz) | 8.16 | 0.28 | 35.4 | 0.38 | 0.3 | 28.3 | 1.27 | 1.25 | Dhar entre otros (2019) |
| Residuo urbano (Compost de yeso) | 7.94 | 0.29 | 32.7 | 0.27 | 0.48 | 34.4 | 1.42 | 0.95 | |
| Residuo urbano (Compost de residuos sólidos) | 8.21 | 0.34 | 30.1 | 0.37 | 0.75 | 35.1 | 0.7 | 0.86 | |
| Promedio | | pH | 6.80 | | | | | | |
| Máximo | | pH | 9.45 | | | | | | |
| Mínimo | | pH | 4.2 | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 12 a la tabla 17, en función a las propiedades químicas de los suelos modificados con compost de residuos urbanos se puede inferir que De Sousa y otros (2017), a través de la forma de compostaje de Curtiduría compostada de lodos su valor de pH más alto fue de 6.3 durante el día 75 después de haber aplicado una dosis de 20 (mg ha⁻¹). Por otra parte, Araujo y otros (2020) aplicando la misma forma de curtiduría de compostados de lodos su valor más alto de pH fue de 8.8 aplicando una dosis de 20 (t/ha) durante 10 años, la principal diferencia para obtener resultados diferentes fue la temporalidad además de tener diferentes cantidades para la aplicación de compost.

Por otra parte, el promedio de pH del suelo como propiedad química fue de 6.80. Manifestándose los valores más altos en la forma de compostaje Changu (Sistema de filas en forma cónica) en un ambiente de sombra cuyo valor de pH fue 9.45 (Matsui entre otros, 2016). Por otro lado la forma de compost de residuos sólidos urbanos presento un pH de 8.21 (Meena entre otros,2015) .

Al respecto de las demás propiedades, como la conductividad eléctrica (CE(mS/cm), Kucbel y otros (2019) a través de la forma de compostaje como ceras, grasas y pimientos obtienen un valor de 7.56 mS/cm en la etapa final del proceso de compost. En cambio Dhar y otros (2019) el valor más elevado de conductividad CE(mS/cm) fue de 0.34 mS/cm empleando el compostaje de residuo urbano que tuvo como materia prima compost de residuos sólidos

Por otra parte, con referencia a otro componente químico como el cromo cuya medida es igual en (De Sousa entre otros, 2017), (Araujo entre otros, 2020) y (zhao, Liu; 2020) Cuyo valor de medida fue Cr(mgkg⁻¹), siendo el máximo valor de 250 con una dosis de 20 (Mg ha⁻¹) en el día 0, y el mínimo de 2.5 sin dosis en los periodos de prueba de 1-9 año.

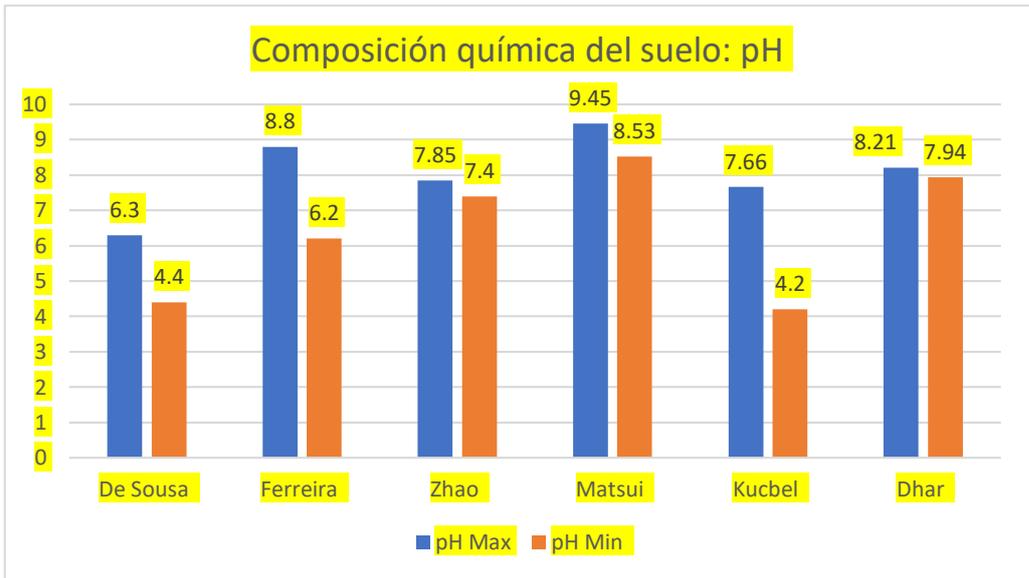


Figura 3: Rango de pHs máximo y mínimo durante el proceso de compostaje

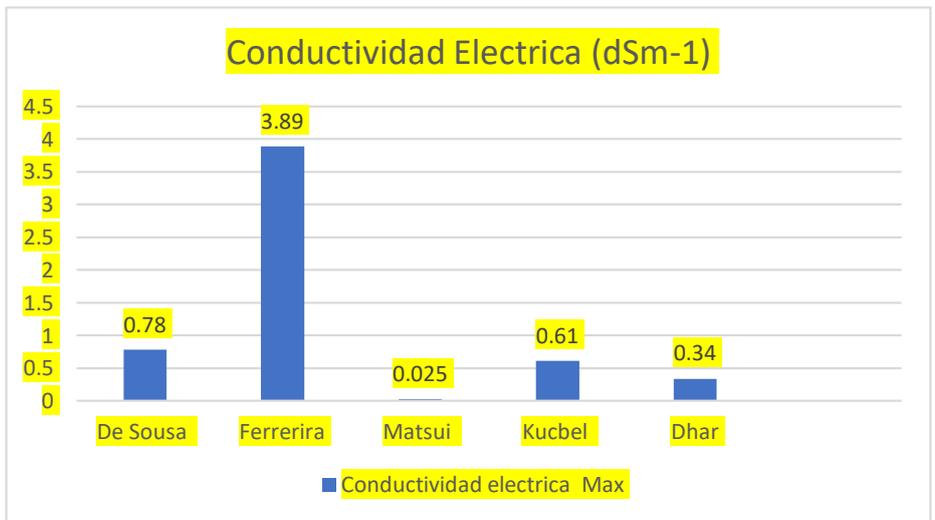


Figura 4: Rango de Conductividad Eléctrica máximo (dS m^{-1})

Con respecto a la figura 4, la mayor conductividad eléctrica es de 3.89 dS m^{-1} explicado por un incremento de temperatura durante el proceso de compostaje, y la conductividad eléctrica mínima lo representa Masui con 0.025 dS m^{-1} .

Por otra parte con referencia a las propiedades físicas, se presentan los siguientes estudios que manifiestan la discusión sobre el efecto del compostaje de los residuos sólidos urbanos en dichas propiedades:

Tabla 18. *Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Tibu y otros (2019).*

| Compostaje de pilas | Semanas | Temperatura | OM%(Materia organica) | Autor |
|--|-----------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
| Aserrín: Estiercol de cerdo (AS1) | Semana 3 | 50°C | 38.5 | Tibu entre otros (2019) |
| | Semana 15 | 40°C | 46.63 | |
| Desperdicios de Frutas (AS2) | Semana 3 | 50°C | 34.94 | |
| | Semana 15 | 44°C | 53.56 | |
| Paja de arroz (AD1) | Semana 3 | 48°C | 36.22 | |
| | Semana 15 | 40°C | 48.63 | |
| Desperdicios de alimentos (AD2) | Semana 3 | 28°C | 36.65 | |
| | Semana 15 | 30°C | 51.67 | |
| Fases de la temperatura | Mesofasefilica | 15°-45°C | | |
| | Termofilica | 45°-70°C | | |
| | Enfriamiento | <60°C | | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. . *Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Tibu y otros (2019). Domínguez y otros (2019)*

| Tipos de fertiizante | Densidad Aparentemente seca (g cm ⁻³) | Total de porosidad % | Distribución del tamaño agregado | | | Estabilidad | Perdida del suelo(gm ⁻² min ⁻¹) | Autor |
|--|---|----------------------|----------------------------------|--------|------|-------------|--|------------------------------|
| | | | <2mm% | 1-2mm% | <1mm | | | |
| Ninguno (S) | 1.31 | 49 | 35 | 29 | 36 | 29 | 63 | Dominguez entre otros (2019) |
| Aplicación de compost de 30 Mg (SC1) | 1.27 | 50 | 33 | 29 | 38 | 30 | 39* | |
| Aplicación de compost de 60 Mg (SC2) | 1.16* | 54* | 29 | 29 | 42 | 31 | 39* | |
| Aplicación de NH ₄ NO ₃ de 1000 kg (SIF) | - | - | - | - | - | - | - | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. *Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Haynes y Zou (2016)*

| Formas de compost | Días | Temperatura | Autor |
|--|-------------|--------------------|------------------------|
| Residuos verdes municipales (MGV) | 0 | 23°C | Haynes y Zou (2016) |
| | 15 | 37°C | |
| | 30 | 26°C | |
| | 45 | 25°C | |
| Residuos de Jardín (MGW/GW) | 0 | 23°C | |
| | 15 | 43°C | |
| | 30 | 29°C | |
| | 45 | 26°C | |
| Estiercol de ganado (MGW/CM) | 0 | 23°C | |
| | 15 | 41°C | |
| | 30 | 31°C | |
| | 45 | 27°C | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. *Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Haynes y Zou (2016)*

| Tipo de compost | A granel densidad (Mg m ⁻³) | Distribución de tamaño de los poros | | | Total porosidad(m ³ m ⁻³) | Autor |
|-----------------------------------|---|-------------------------------------|-----------|------------|--|---------------------|
| | | % | | | | |
| | | Macroporos | Mesoporos | Microporos | | |
| Residuos verdes municipales (MGV) | 0.344bc | 25b | 42b | 33a | 0.77b | Haynes y Zou (2016) |
| Vermicompost (MGV) | 0.278a | 49d | 23a | 28a | 0.81c | |
| Residuos de Jardín (MGW/GW) | 0.372c | 8a | 47bc | 45b | 0.75a | |
| Vermicompost (MGW/GW) | 0.327b | 38c | 26a | 36a | 0.78b | |
| Estiercol de ganado (MGW/CM) | 0.405d | 9a | 57c | 34a | 0.74a | |
| Vermicompost (MGW/CM) | 0.370c | | 13ab | 55c | 0.77b | |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. . Propiedades físicas durante el proceso de compostaje residuos urbanos de los autores Aksakal y otros (2016)

| Efectos del vermicompost (Suelos) | Ratios de aplicación (W/W) | Densidad de granel (gc m-3) | Materia Organica % | Total de porosidad % | Coef de permeabilidad (cmh^-1) | Permebealidad al aire (u^2) | Resistencia a la penetración (kgcm^-2) | Autor |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------|
| Suelo I | Control | 1.32 | 1.93 * | 50.4 | 12.8 | 90.7 | 2.88 | Aksakal entre otros (2016) |
| | 0.50% | 1.26 | 2.17 | 52.7 | 19.5 | 106.3 | 2.55 | |
| | 1% | 1.24 | 2.28 | 53.5 | 34.6 | 111.8 | 1.99 | |
| | 2% | 1.19 | 2.51 | 55.2 | 36.4 | 123.5 | 1.64 | |
| | 4% | 1.15 | 3.23 | 56.9 | 29.3 | 133.5 | 1.18 | |
| Suelo II | Control | 1.21 | 1.24 | 53.9 | 2.8 | 62.2 | 4.08 | |
| | 0.50% | 1.18 | 1.44 | 55.3 | 5.0 | 118.0 | 3.89 | |
| | 1% | 1.15 | 1.55 | 56.1 | 7.0 | 113.6 | 3.72 | |
| | 2% | 1.10 | 1.95 | 58.3 | 11.5 | 181.6 | 2.58 | |
| | 4% | 1.03 | 2.82 | 60.7 | 9.9 | 200.3 | 1.74 | |
| Suelo III | Control | 1.07 | 1.12 | 60.0 | 0.8 | 184.9 | 1.41 | |
| | 0.50% | 1.01 | 1.30 | 62.0 | 2.9 | 208.7 | 0.94 | |
| | 1% | 0.98 | 1.48 | 63.2 | 10.1 | 221.3 | 0.90 | |
| | 2% | 0.91 | 1.62 | 65.9 | 12.6 | 235.6 | 0.70 | |
| | 4% | 0.90 | 2.10 | 66.2 | 8.4 | 252.3 | 0.48 | |
| Suelo Vc | Control | 1.20 | 1.43 | 54.8 | 5.4 | 112.6 | 2.79 | |
| | 0.50% | 1.15 | 1.63 | 56.7 | 9.2 | 144.3 | 2.46 | |
| | 1% | 1.12 | 1.77 | 57.6 | 17.2 | 148.9 | 2.20 | |
| | 2% | 1.07 | 2.03 | 59.8 | 20.2 | 180.2 | 1.64 | |

| | | | | | | | | |
|--|----|------|------|------|------|-------|------|--|
| | 4% | 1.03 | 2.72 | 61.3 | 15.8 | 195.4 | 1.13 | |
|--|----|------|------|------|------|-------|------|--|

Fuente: Elaboración propia

Al respecto de las propiedades físicas de los suelos modificados con compost de residuos urbanos se ha considerado la temperatura, materia orgánica cuyos autores que explican estas propiedades son (Tibu y otros, 2019), (Haynes y Zhou, 2016) y (Aksakal, 2016), cuyos resultados muestran que se obtuvo el mayor valor de temperatura en la fase termofílica donde se alcanzó valores de 45°C a 70°C, explicado por (Tibu y otros, 2019), siendo la causa principal un abundante consumo de carbono para la obtención de energía a través de la forma de compostaje de desperdicios de fruta y estiércol de cerdo luego de la semana 3 de la aplicación del compost. En cambio (Haynes y Zhou, 2016) explicaron que el nivel máximo de temperatura fue a los 15 días de la aplicación del compostaje de residuos sólidos alcanzando 43°C luego empezó a disminuir.

Por otro parte, con referencia a la materia orgánica su valor máximo fue 53.56% (Tibu y otros, 2019), muy superior al valor de (Aksakal, 2016), que fue de 3.23%. Además, se debe considerar la densidad a granel cuya unidad de medida es ($m^3 m^{-3}$) alcanzando un valor máximo de 1.31 sin la aplicación de ningún fertilizante, pero con compost el valor ideal fue alcanzado con un valor de 1.16 a través de la aplicación de NH_4NO_3 de 1000 kg (Domínguez y otros, 2019), difiriendo de la investigación de (Haynes y Zhou, 2016) que presentaron valores por debajo de 1 siendo el mínimo de 0.74. Por otro lado, también se considera la porosidad, distribución de tamaños de poros, permeabilidad como propiedades físicas.

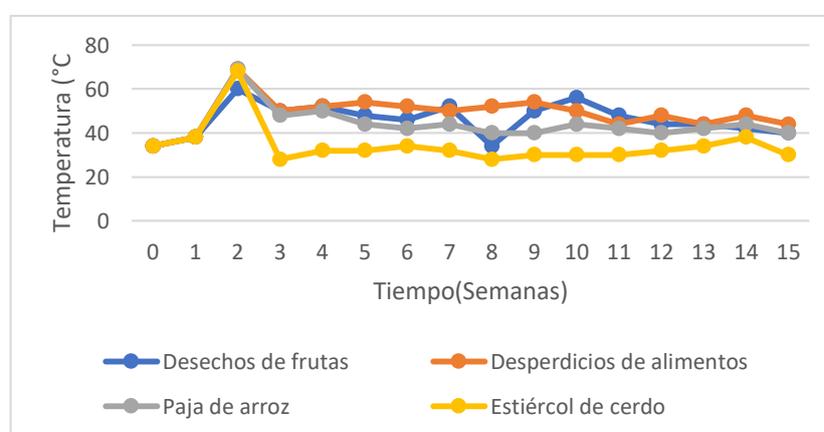


Figura 5: *Temperatura de la fase del suelo* Fuente: Basado en el trabajo de Tibú y otros (2019)

En la figura 5, se consideró el trabajo de (Tibu y otros, 2019) que explica la temperatura de forma semanal tras la aplicación del compost donde se observa los procesos que pasa el suelo a raíz de añadir compost de desechos de frutas (AS1), desperdicios de alimentos (AS2), Paja de arroz (AD1), estiércol de cerdo (AD2).

Se obtiene como resultados que en la etapa Mesofasefílica la temperatura es de 15° a 45°c, termofílica aproximadamente 45° a 70°c y el enfriamiento menor a 60°c. Por otro lado, la mayor cantidad de temperatura en la segunda semana del proceso de compostaje alcanzó una temperatura de 70°c aproximadamente porque hay un elevado consumo de carbono lo que genera obtener una cierta cantidad de energía.

V. CONCLUSIONES

OG: Existe una gran variedad de nuevas aplicaciones en las técnicas de compostaje a partir de residuos sólidos que abarca el compostaje desde el análisis del tipo orgánico e inorgánico, sus condiciones operativas del tipo aerobio y anaerobio, los microorganismos que emplean para poder inocular el compostaje, además de las propiedades químicas, físicas y microbiológicas que se emplean durante el proceso de compostaje.

OE1: El compostaje es un proceso que se puede realizar con productos domésticos, urbanos y rurales porque la principal materia prima para su elaboración se encontró forma inorgánica como el papel, tela, ropa, metales, aserrín, de forma orgánica tal como estiércol, hojas, plantas, ramitas, desechos de mercado, estiércol de cerdo, entre otros. Esto pretende que el suelo tenga una mejor calidad y beneficie a los agricultores.

OE2: Se comparó los métodos de compostaje en dos tipos en anaerobio y anaerobio a través de varias condiciones operativas como el pH, la temperatura, la Humedad, la relación ratio carbono/Nitrógeno. Cuyos resultados fueron que el compostaje anaerobio presento un nivel inferior de pH de 7.0, en cambio el pH menor del compostaje de tipo aerobio fue de 6,5. Con referencia a la temperatura los valores en ambos tipos de compostaje fluctuaron de 25°C hasta 70°C, encontrándose dentro del rango.

OE3: Se consideraron los métodos de inoculación que intervienen en el proceso de compostaje de los residuos sólidos, para el cual se determinó que estaban influenciadas por hongos, microorganismos, bacterias, agentes antibacterianos. Entre los más frecuentes tenemos *Fomes fomentarius*, *Trametes Versicolor*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Lactobacillus*, *Bacillus subtilis*, *B. tequilensis*, *Streptomyces sp* y *Micromonospora sp* respectivamente.

OE4: Se identificó alrededor de 10 propiedades químicas y microbiológicas más comunes que afectan el compostaje de residuos sólidos urbanos entre las que se tiene el pH (suelo), conductividad eléctrica, el total de carbono orgánico, el Fósforo, calcio, cromo magnesio y sodio, a veces el potasio. En Función a las propiedades

físicas se consideró la temperatura, la materia orgánica, porosidad, densidad y permeabilidad.

VI. RECOMENDACIONES

OG: Se recomienda que se siga investigando sobre las nuevas aplicaciones en las técnicas de compostaje porque está en constante evolución por ser un tema de interés mundial que permite mejorar la calidad de los productos en el sector agrícola. Además, se puede identificar una aplicación que permita ser económica y eficiente y beneficie a la sociedad.

OE1: Indagar de forma experimental las diferencias del compost a través de las materias primas y su efecto en el proceso del suelo y la planta.

OE2: Considerar otros tipos de métodos de compostaje para ver las diferencias con el método aerobio y anaerobio, porque la revisión sobre este análisis es limitada.

OE3: Evaluar de manera específica el efecto de una bacteria, microorganismo, o agente antibacteriano en el proceso de compostaje en base a los residuos sólidos urbanos.

OE4: Escoger nuevas propiedades físicas, químicas y microbiológicas para que las evalúen en las mismas unidades de medición y ver el efecto que tienen como parte del proceso de compostaje de residuos sólidos.

REFERENCIAS

A novel strategy for producing compost with enhanced biopesticide properties through solid-state fermentation of biowaste and inoculation with bacillus thuringiensis. **Ballardo, C, y otros. 2017.** 2017, 2017, Waste Management , Vol. 30.

Additive effect of cow dung slurry and cellulolytic bacterial inoculation on humic fractions during composting of municipal solid waste. **Rastogi, M, Nandal, M y Nain, L. 2019.** 8, 2019, International Journal of Recycling Waste in Agriculture , Vol. 2019, págs. 325-332.

Alonso Peña, José Ramón. 2011. *Cómo hacer Compost.* México : Ediciones Mundi-Prensa, 2011. 978-84-8476-430-4.

Anaerobic co-digestion of organic wastes. **Esposito, G, y otros. 2012.** 2012, Revista Environ sci bio technol , págs. 325-341.

Belmont. 2017. *Principios éticos y pautas para la protección de los seres humanos en la investigación.* Barcelona : s.n., 2017.

Biological response of using municipal solid waste compost in agriculture as fertilizer supplement. **Srivastava, Vaibhav, y otros. 2016.** 4, s.l. : Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 2016, Vol. 15. 677-696.

Biotransformation of agricultural waste and by_products. **Mortier, N, Velghe, F y Verstichel, S. 2016.** 2016, The food, feed, fibre, fuel economy , págs. 69-124.

Changes in biological and chemical properties of saline soil amended with municipal solid waste compost and chemical fertilizers in a mustard–pearl millet cropping system. **Meena, Murli Dhar, y otros. 2016.** s.l. : Catena, 2016, Vol. 140.

—. **Murli, M, y otros. 2016.** 2016 , 2016, Catena , Vol. 140, págs. 1-8 .

Changes in global trends in food waste composting: Research challenges and opportunities. **Kumar, S, y otros. 2019 .** 2019 , Bioresource Technology .

Chemical properties and fermentation behavior of the composts prepared by three composting methods in Malawi. **Matsui, N, y otros. 2016.** 25, 2016, Vol. 11, págs. 2213-2223.

—. **Matsui, N, y otros. 2016.** 25, 2016, African Journal of Agricultural Research , Vol. 11.

Chemometric analysis and NIR spectroscopy to evaluate odorous impact during the composting of different raw materials. **Toledo, M, y otros. 2017.** 2017, Journal of Cleaner Production.

Classification and comparison of municipal solid waste based on thermochemical characteristics. **Zhou, Hui, y otros. 2014.** 5, s.l. : Journal of the Air & Waste Management Association, 2014, Vol. 64, págs. 597-616.

Co-composting of various organic substrates from municipal solid waste using an on-site prototype vermicomposting reactor. **Ornuma, T y Chavalit, R. 2016.** 2016, International Biodeterioration y Biodegradación , Vol. 30, págs. 1-10.

Comparative effectiveness of different composting methods on the stabilization, maturation and sanitization of municipal organic solid wastes and dried faecal sludge mixtures. **Mengistu, T, y otros. 2017.** 65, 2017, Vol. 2017.

Comparative study of aerobic and anaerobic composting for better understanding of organic waste management: A mini review. **Mehta, C y Kanak, S. 2018.** 1, 2018, Plant Archives , Vol. 18.

Compost Feedstock and Compost Acidification Affect Growth and Mineral Nutrition in Northern Highbush Blueberry. **Costello, R y Sullivan, D. 2019.** 6, 2019, Hortscience , Vol. 54.

Compostaje y Compost. **Docampo, Roberto. 2013.** s.l. : Revista INIA, 2013, Vol. 35.

Composting and co-composting of coffee and pulp with source-separate municipal solid waste: a breakthrough in valorization of coffee waste. **Dadi, D, y otros. 2019.** 2019, International Journal of Recycling of Organic Waste in Agricultura , págs. 263-277.

Composting of municipal solid waste by different methods improved the growth of vegetables and reduced the health risks of cadmium and lead. **Shah, G, y otros. 2018.** 2018, Environmental Science and Pollution Research.

Composting of tomato plant residues: Improvement of composting process and compost quality by integration of sheep manure . **Tabrika, I, y otros. 2019.** 2019.

Degradation of organophosphate esters in sewage sludge: Effects of aerobic/anaerobic treatments and bacterial community compositions. **Pang, L, y otros. 2018.** 2018, Bioresource Technology, Vol. 255.

Degradation of Polychlorinated Biphenyls by Sequential Anaerobic–Aerobic Composting. **Long, Y, y otros. 2015.** 2015, Water Air Soil Pollut, Vol. 2015.

Economic assessment system towards sustainable composting quality in the developing countries. **Van, Yee, y otros. 2016.** 2016, Berlín : s.n., 2016, Clean Techn Environ Policy , Vol. 18, págs. 2479-2491.

Effect of actinobacteria agent inoculation methods on cellulose degradation during composting based on redundancy analysis. **Zhao, Y, y otros. 2019.** 2016, 2019, Bioresource Technology , Vol. 2019, págs. 196-203.

— **Zhao, Y, y otros. 2016.** 2016, Bioresource Technology , Vol. 219, págs. 196-203.

Effect of inoculating microorganisms in chicken manure composting with maize straw. **Wan, Leibing, y otros. 2020.** s.l. : Bioresource technology, 2020, Vol. 301.

Effect of inoculation with white-rot fungi and fungal consortium on the composting efficiency of municipal solid waste. **Voberkova, S, y otros. 2017.** 2017, 2017, Vol. 30.

— **Voběrková, Stanislava, y otros. 2017.** s.l. : Waste Management, 2017, Vol. 61, págs. 157-164.

Effect of microbial inoculation on physicochemical properties and bacterial community structure of citrus peel composting. **Wang, J, y otros. 2019.** 2019, 2019, Bioresource technology , Vol. 291.

Effect of Phanerochaete chrysosporium inoculation on bacterial community and. **Huang, C, y otros. 2017.** 2017, Bioresource Technology.

Effect of the composting process on physicochemical properties and concentration of heavy metals in market waste with additive materials in the Ga West Municipality, Ghana. **Tibu, C, y otros. 2019.** 8, 2019, International Journal of recycling of organic waste in Agriculture , Vol. 2019, págs. 393-403.

Effectiveness of composting as a biosecure disposal method for porcine epidemic diarrhea virus (PEDV)-infected pig carcasses. **Vitosh, S, y otros. 2017.** 22, 2017, Porcine Health Management , Vol. 2017.

Effects of municipal waste compost and nitrogen fertilizer on growth and mineral composition of tomato. **Rajaie, M y Tavakoly, A. 2016.** 2016, Int J Recycl Org Waste Agricult, Vol. 5, págs. 339-347.

Effects of Vermicompost Application on Soil Aggregation and Certain Physical Properties. **Aksakal, E, Sari, S y Angin, I. 2015.** 4, 2015, Land Degradation y Development, Vol. 27, págs. 983-995.

El estudio de los residuos : definiciones, tipologías, gestión y tratamiento. **Gómez, Montserrat. 1995.** 5, s.l. : Universidad de Alcalá, 1995, págs. 21-42.

End-product quality of composts produced under tropical and temperate climates using different raw materials: A meta-analysis. **Faverial, J, y otros. 2016.** 2016, Journal of Environmental Management .

Enhancement of biogas producyion form food wastes in a hybird anaerobic-aerobic bioreactor by manure addition and Lime-Pretreatment of recycled leachate . **Aliasgari, F, Noorisepehr, M y Tafreshi, N. 2019.** 2, 2019, Vol. 18.

Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review. **Wei, Y, y otros. 2017.** 2017, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 122.

Evaluation of physicochemical pretreatment of tomato plant for aerobic and anaerobic biodegradation. **Gil, A, y otros. 2019.** 2019, Biomass Conversion and Biorefinery.

Fate of Biodegradable Polymers Under Industrial Conditions for Anaerobic Digestion and Aerobic Composting of Food Waste. **Bandini, J, y otros. 2020.** 2020, Journal of Polymers and the Environment.

Health impact of odor from on-situ sewage sludge aerobic composting throughout different seasons and during anaerobic digestion with hydrolysis pretreatment. **Han, Z, y otros. 2020.** 2020, 2020, Chemosphere, Vol. 249.

Hydrochars from compost derived from municipal solid waste: Production process optimization and catalytic applications. **Roman, Fernanda F., y otros. 2021.** 1, s.l. : Journal of Environmental Chemical Engineering, 2021, Vol. 9.

Identifying the action ways of función materials in catalyzing organic waste transformation into humus during chicken manure composting. **Wu, J, y otros. 2020.** 2020, 2020, Bioresource Tecnology , Vol. 303.

Impact of phosphate-solubilizing bacteria inoculation methods on phosphorus transformation and long-term utilization in composting. **Wei, Y, y otros. 2017.** 2017, 2017, Bioresource Tecnology , Vol. 241, págs. 134-141.

Improved lignocellulose-degrading performance during straw composting from diverse sources with actinomycetes inoculation by regulating the key enzyme activities. **Wei, Y, y otros. 2018.** 2018, Bioresource Technology.

Improvement of Soil Quality Parameters by Municipal Solid Waste Compost Application in Clay-Loam Soil. **Yuksell, O y Kavdir, Y. 2020.** 3, 2020, Food Science and Technology, Vol. 8.

Intensification of Composting Processes by Aerobic Microorganisms: A Review. **Neklyudov, A, Fedotov, G y Ivankin, A. 2016.** 1, 2016, Applied Biochemistry and Microbiology, Vol. 44.

Investigation of the microbial community structure and activity as indicators of compost stability and composting process evolution. **Chroni, Christina, y otros. 2009.** 15, s.l. : Bioresource technology, 2009, Vol. 100, págs. 3745-3750.

Long-term effect of composted tannery sludge on soil chemical and biological parameters. **Araujo, S, y otros. 2020.** 2020, 2020, Environmental Science and Pollution Research, Vol. 27, págs. 41885-41892.

Low-cost technology for recycling agro-industrial waste into nutrient-rich organic fertilizer using black soldier fly. **Beesigamukana, Dennis, y otros. 2021.** s.l. : Waste Management, 2021, Vol. 119, págs. 183-194.

Manuja, S, y otros. 2020. *Composting and Anaerobic Digestion: Promising Technologies for Organic Waste Management.* The Energy and Resources Institute. 2020.

Martínez, M, Briones, R y Cortés, J. 2013. *Metodología de la investigación para el área de la salud.* Segunda. Santa Fe : Mc Graw Hill, 2013.

*Maturation of green waste compost as affected by inoculation with the white-rot fungi *Trametes versicolor* and *Phanerochaete chrysosporium*.* **Gong, X, y otros. 2016.** 7, 2016, Environmental Technology , Vol. 38.

Methodologies to assess biodegradation of bioplastics during aerobic composting and anaerobic digestion: A review. **Ruggero, F, Gori, R y Lubello, C. 2019.** 2019, Waste Management y Research.

Municipal Solid Waste Compost Improves Crop Productivity in Saline-Sodic Soil: A Multivariate Analysis of Soil Chemical Properties and Yield Response. **Murtaza, B, y otros. 2019.** 2019, Communications in Soil Science and Plant Analysis.

Optimization of pilot-scale in-vessel composting process for various agricultural wastes on elevated temperature by using Taguchi technique and compost quality assessment. **Ajmal, M, y otros. 2020.** 2020, Process Safety and Environmental Protection, Vol. 140.

Organic Waste Composting: A Resource Recovery Approach towards Sustainable Environment. **Aslam, H, y otros. 2019.** 2, 2019, World Conference on Waste Management, Vol. 1.

—. **Aslam, H. M. U., y otros. 2019.** 2, s.l. : En Proceedings of the World Conference on Waste Management, 2019, Vol. 1, págs. 30-41.

Particle-Scale Modeling of Methane Emission during Pig Manure/ Wheat Straw Aerobic Composting. **Ge, J, y otros. 2016.** 2016, Environmental science y technology .

Physicochemical and biochemical properties of and acid soil under potato culture amended with municipal solid waste compost. **Domínguez, M, y otros. 2019.** 2019, Int J Recycl Org Waste Agricult, Vol. 8, págs. 171-178.

Plastic in compost: prevalence and potential input into agricultural and horticultural soils. **Braun, M, y otros. 2020.** 2020, Science of the Total Environment.

*Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*.* **Acosta-Durán, Carlos Manuel, y otros. 2013.** 1, s.l. : Agronomía costarricense, 2013, Vol. 37.

Producción y Gestión del Compost. **Negro, M. J., y otros. 2000.** s.l. : Digital CSIC, 2000.

Properties of composts from household food waste produced in automatic composters. **Kucbel, M, y otros. 2019.** 2019, 2019, Vol. 226, págs. 657-666.

Quality Assessment of Municipal Solid Waste Compost. **Rahman, M, y otros. 2020.** 2020, Acta Chemica Malaysia.

Recent developments in biochar utilization as an additive in organic solid waste composting: A review. **Xiao, R, y otros. 2017.** 2017, 2017, Bioresource Technology, Vol. 246.

Revisión documental, una herramienta para el mejoramiento de las competencias de lectura y escritura en estudiantes universitarios. **Gómez, Dustin, Carranza, Yeimmy y Ramos, Camilo. 2017.** 2017, Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades, págs. 46-56.

Román, P, Martínez, M y Pantoja, A. 2015. *Manual de compostaje del agricultor experiencias en América Latina.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura . 2015.

Selecting Monitoring Variables in the Manual Composting of Municipal Solid Waste Based on Principal Component Analysis. **Saldarriaga, J, y otros. 2018.** 2018, Waste and Biomass Valorization.

Simulating the effects of mesophilic anaerobic and aerobic digestions, lagoon system, and composting on pathogen inactivation. **Pandey, P, y otros. 2016.** 2016, Ecological Engineering, Vol. 97.

Study of physico-chemical and biochemical parameters during rotary drum composting of water hyacinth. **Sarika, D, y otros. 2014.** 3, s.l. : International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2014, Vol. 3.

Sustainability assessment of large-scale composting technologies using PROMETHEE method. **Makan, A y Fadili, A. 2020.** 2020, 2020, Journal of cleaner production , Vol. 261.

The effects of compost incorporation on soil physical properties in urban soils-A cocise review. **Kranz, C, y otros. 2020.** 2020, 2020, Journal of Environmental Management , Vol. 261.

The Utilization of Banana Peel in the Fermentation Liquid in Food Waste Composting. **Kadir, A, Rahman, N y Azhari, N. 2016.** 2016, Materials Science and Engineering, Vol. 136.

Time-dependent effect of composted tannery sludge on the chemical and microbial properties of soil. **De Sousa, R, y otros. 2017.** 2017, Ecotoxicology, Vol. 26, págs. 1366-1377.

Valorization of food waste and economical treatment: Effect of inoculation methods. **Ayele, W, y otros. 2020.** 2020, 2020, Journal of Cleaner Producción , Vol. 261.

Vermicomposting: An effective option for recycling organic wastes . **Kaur, T. 2020.** 2020.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de categorización apriorística

| Objetivos específicos | Problemas específicos | Categorías | Sub categorías | Unidad de análisis |
|---|--|---------------------------|---|--|
| Analizar los tipos de residuos sólidos urbanos que se usan en el compostaje | ¿Qué tipo de residuos sólidos urbanos se usan en el compostaje? | Tipos de residuos sólidos | Plásticos Cartones Desechos Alimentos Vegetales Pasto Huesos Pielés Alimentos | Rahman, Bhuiyan, Sarker y Rashid (2020) Sarker y Rashid (2020) Costello y Sullivan (2019) Aslam y otros (2019) Barthod y otros (2018) Beesigamukama y otros (2020) Chen y otros (2020) Kaur. (2020) Costello y Sullivan (2019) |
| Comparar las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio. | ¿Cuáles son las condiciones operativas del compostaje aerobio y anaerobio? | Condiciones operativas | Anaerobio Aerobio | Ouyang (2014) Neklyudov, Fedotov y Ivankin (2015) Barthod y otros (2018) Beesigamukam et al. (2020) Chen y otros(2020) Kaur (2020) Costello y Sullivan (2019) |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| Analizar los microorganismos que se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos | ¿Qué microorganismo se emplean para la inoculación del compostaje de residuos sólidos urbanos? | Inoculación | Hongos Bacterias Microorganismos | Domínguez (2019) Mengistu et al (2017) Rastogi (2019) Sarah (2017) Zhao (2016) |
| Analizar las propiedades físicas y microbiológicas que tiene el compostaje de residuos sólidos urbanos. | ¿Qué propiedades físicas y microbiológicas tienen el compostaje de residuos sólidos urbanos? | Propiedades físicas químicas y microbiológicas | pH Conductividad Eléctrica Total, de carbono orgánico P Ca Cr K Temperatura Materia orgánica Porosidad Estabilidad | Domínguez y otros (2019) Rajaie (2016) Zhao, Liu y Duo (2020) Haghighi, Reza y Teixeira (2016) Ilyass, Khalid y Mina (2019) Matsui y otros (2016) Tibu y otros (2019) Kucbel y otros (2016) |

Fuente: Elaboración propia



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, BERMEO GARCIA CLINTON IGNACIO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Aplicaciones Actuales en las Técnicas del Compostaje a partir de Residuos Sólidos Urbanos. Revisión Sistemática 2021 ", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|---|
| BERMEO GARCIA CLINTON IGNACIO DNI: 71215313 ORCID 0000-0001-6682-8490 | Firmado digitalmente por: CBERMEOGA el 15-07- 2021 19:02:39 |

Código documento Trilce: INV - 0257473