



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Revisión bibliográfica del uso de los microorganismos eficientes en la
obtención de compost orgánico”**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Angulo Rodriguez, Julio Cesar (ORCID: 0000-0002-6951-1939)
Lizonde Carrillo, Pamela Susana (ORCID: 0000-0001-8604-5311)

ASESOR:

Dr. Valdiviezo Gonzales, Lorgio Gilberto (ORCID: 0000-0002-8200-4640)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedicado a la memoria de mi madre, Sonia Rodríguez Tello, quien soñaba ver este momento, a mi hermana Isabel por el apoyo en todo momento, al motor de vida, mi hijo Ali y mi amada esposa Mónica Revilla.

Angulo Rodriguez, Julio Cesar.

Dedicado a mis padres y familia, quienes a lo largo de la carrera universitaria, estuvieron para apoyarme y motivarme incondicionalmente.

Lizonde Carrillo, Pamela.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales, por ser un excelente guía, a mi primo hermano Julio Cesar Castillo Angulo, por el apoyo, a mis hermanas, a mis dos grandes amigos Nicasio Ttito y Martín Távara, a la empresa Planeta Sano S.A.C. y a la ONG DECAN.

Angulo Rodriguez, Julio Cesar.

A mi familia en general, a mis amigos, pero sobre todo a mis padres: Victor y Zoila, por guiarme en este camino y ser además mi modelo de superación, que permitieron lograr mis objetivos propuestos. Así como, al Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales que estuvo para apoyarnos incondicionalmente durante el desarrollo de la tesis.

Lizonde Carrillo, Pamela.

ÍNDICE

| | |
|--|-----|
| CARÁTULA | I |
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| ÍNDICE | IV |
| ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS | V |
| RESUMEN..... | VI |
| ABSTRACT | VII |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 3 |
| III. METODOLOGÍA | 3 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación | 17 |
| 3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística | 17 |
| 3.3. Escenario de estudio | 18 |
| 3.4. Participantes..... | 18 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 18 |
| 3.6. Procedimiento | 19 |
| 3.7. Rigor científico | 20 |
| 3.8. Método de análisis de datos | 21 |
| 3.9. Aspectos éticos..... | 21 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 22 |
| V. CONCLUSIONES | 28 |
| VI. RECOMENDACIONES | 29 |
| REFERENCIAS..... | 30 |
| ANEXOS | 47 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N° 1 Antecedentes en relación a investigaciones donde aplicaron Microorganismos Eficientes para la producción de compost orgánico. | 10 |
| Tabla N° 2 Matriz de categorización apriorística. | 17 |
| Tabla N° 3 Resumen de criterios de búsqueda. | 19 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura N° 1 Proceso de obtención del compost orgánico..... | 4 |
| Figura N° 2 Principales fases de compostaje: Mesófila, Termófila, Enfriamiento, Maduración..... | 5 |
| Figura N° 3 Influencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de compostaje. | 22 |
| Figura N° 4 Influencia de los microorganismos eficientes en la calidad del compost maduro. | 25 |

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue analizar la influencia de los microorganismos eficientes en el tiempo y calidad del compost orgánico. Considerando diecisiete antecedentes, de la cual cinco investigaciones superaron la antigüedad de cinco años por la importancia de su información; el método de análisis se realizó agrupando la información de acuerdo a la influencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de compostaje durante la fase termófila, seguido de los artículos relacionados a los efectos de los microorganismos en la calidad del compost maduro.

Teniendo como resultados que el 71 % de las investigaciones, coinciden que el tiempo total del proceso de compostaje disminuye con la presencia de los microorganismos eficientes, sin embargo el tiempo de la fase termófila se prolonga unos días, debido a que hay mayor degradación del material orgánico por el aumento poblacional de los microorganismos, siendo de suma importancia la temperatura, la cual alcanzó una tendencia mayor en un rango de 49 a 66°C en un tiempo de permanencia no mayor a 28 días, a diferencia de los tratamientos donde no se aplicaron microorganismos. Por otro lado, el 59% de las investigaciones coinciden en que el compost con presencia de microorganismos eficientes es de mejor calidad respecto al tratamiento control o testigo.

Se concluye que los microorganismos eficientes tienen la capacidad de influir en el tiempo de obtención del compost orgánico, por su capacidad de degradación y aceleración natural en el proceso, en la que la fase termófila es alcanzada con mayor rapidez, por su elevada temperatura comparada a la de un tratamiento control, dicha fase sirve además como desinfección del compost durante tres días consecutivos. Así mismo, la presencia de los microorganismos eficientes influye en la calidad del compost maduro, en algunos parámetros fisicoquímicos como la relación C/N, %humedad, %materia orgánica y pH.

Palabras clave: Microorganismos eficientes, Compost orgánico y Compostaje.

ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the influence of efficient microorganisms over time and the quality of organic compost. Considering seventeen antecedents, of which five investigations exceeded the age of five years due to the importance of their information; the analysis method was performed by grouping the information according to the influence of efficient microorganisms on the composting time during the thermophilic phase, followed by articles related to the effects of microorganisms on the quality of mature compost.

Having as results 71% of the investigations, coincide that the total composting time decreases with the presence of the efficient microorganisms, however the time of the phase thermophilic is prolonged a few days, due to the greater degradation of the organic material due to the increase populational of the microorganisms, being of utmost importance the temperature, which reaches a greater trend in a range of 49 to 66 ° C in a time of permanence no more than 28 days, different to the treatments where they were not applied microorganisms. On the other hand, 59% of the investigations agree that compost with the presence of efficient microorganisms is of better quality compared to the control or control treatment.

It is concluded that efficient microorganisms have the ability to influence the time of obtaining organic compost, due to its degradation capacity and natural acceleration in the process, in which the thermophilic phase is reached more quickly, due to its high temperature compared to that of a control treatment, said phase also serves as disinfection of the compost for three consecutive days. Likewise, the presence of efficient microorganisms influences the quality of the mature compost, in some physicochemical parameters such as the C / N ratio, % humidity, % organic matter and pH.

Keywords: Efficient Microorganisms, Organic Compost and Composting.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la urbanización, el consumismo, así como el aumento constante de la población humana, ha dado resultado en la generación de una gran cantidad de desechos (Onwosi et al., 2017, p. 141), haciendo necesario la mejora en la gestión, donde se abarquen estrategias como la reutilización de los desechos orgánicos, en la que se aseguren la calidad ambiental y la salud humana (Castañeda y Rodríguez, 2017, p. 117).

Aproximadamente un tercio de los alimentos producidos se estropea o es desperdiciado, al no ser consumido por el ser humano (Gustavsson, et al., 2011; citado por Garivaldi, 2018, p. 574). La generación de residuos en el mundo durante el 2010 fue de 1.3 billones de toneladas, estimándose que para el 2025 será de 2.200 millones de toneladas y 4.200 millones para 2050 (Gu, et al., 2019, p. 127), siendo la gestión una tarea difícil para todas las autoridades del mundo, debido a la limitada economía y tecnología (Cudjoe, Han y Nandiwardhana, 2020, p. 1).

En el Perú Mediante el D. L. N° 1278 - “Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, ubicado dentro del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM promueve una adecuada gestión integral, donde es importante la valorización de los residuos o desechos, mediante el reciclaje o el compostaje, antes de la disposición final; por tal, el Ministerio de economía y finanzas (MEF), menciona que a nivel nacional, en el 2018 se generaron un total de 7, 342 713 toneladas de residuos sólidos, de los cuales solo el 57.69% son residuos orgánicos que pueden ser valorizados, pero solo el 0.64% han sido aprovechados en actividades como el compost.

Otro de los problemas es el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos en la actividad agrícola (Prakash et al., 2019, p. 22), por su aceleración en el crecimiento de los cultivos y protección de plagas o insectos, siendo esto un problema ambiental, al ocasionar la pérdida de las características biológicas (Abreu et al., 2018, p. 53), químicas y físicas del suelo (Bedoya, Eduardo y Burneo, 2017, p. 230). Ante ello la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, indican que a nivel mundial el uso

de fertilizantes aumento en alrededor de 200,5 millones de toneladas durante el 2018, un 25% más de lo que se registró en el 2008.

El compostaje se considera una opción de reciclaje preferible en todo el mundo (Manu, Kumar y Garg, 2017, p. 2), por ser una tecnología adecuada para transformar la materia orgánica cruda en valiosas enmiendas orgánicas del suelo (Zhang et al., 2015, p.3), ya que es un proceso de transformación natural que deriva de la degradación y estabilización de la materia orgánica (Rastogi, Nandal y Khosla, 2020, p.1), en que la presencia de los microorganismos eficientes, hace de este un fertilizante bio-orgánico que estimula el desarrollo de las plantas y fertilidad del suelo (Sharma et al., 2017, p. 2).

Por tal, en la investigación se tiene como pregunta general: ¿Cuál es el efecto de los Microorganismos Eficientes en la obtención de compost orgánico?, y como preguntas específicas: ¿Qué efecto tiene la presencia de los Microorganismos eficientes en el tiempo de obtención del compost orgánico? Y ¿Qué efecto tiene la presencia de los Microorganismos eficientes en la calidad del compost orgánico?

La presente investigación pretendió llenar el vacío de conocimientos en relación al proceso de compostaje, haciendo uso de residuos orgánicos, además de la influencia que tiene la presencia de microorganismos eficientes sobre el tiempo y la calidad del compost orgánico.

Bajo lo mencionado, se tiene como objetivo general: Analizar el efecto de los microorganismos eficientes en la obtención del compost orgánico, y los objetivos específicos: Identificar el efecto de los microorganismos eficientes en el tiempo de obtención del compost orgánico e identificar el efecto de los microorganismos eficientes en la calidad del compost orgánico.

II. MARCO TEÓRICO

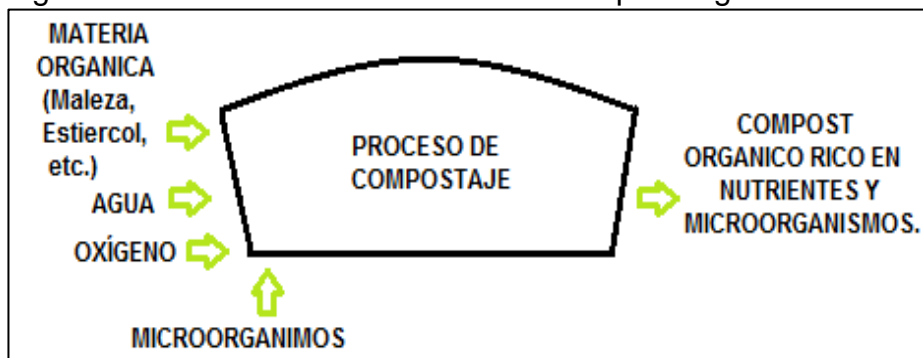
El compost es un fertilizante natural que tiene la propiedad de aumentar nutrientes, humedad, materia orgánica y microorganismos beneficiosos (Camacho et al., 2018, p. 330), con lo cual, las plantas tienen la ventaja de asimilar los nutrientes, volviéndose más resistente a las plagas y climas extremos (FONCODES, 2014, p. 8).

El compostaje es una técnica aceptable y económicamente factible para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos y el reciclaje de recursos (Tang et al., 2019, p. 234), en la que la adición de aditivos externos para ajustar el proceso de compostaje ha atraído mucha atención de investigación (Li et al., 2020, p. 1), es una alternativa viable para tratar residuos orgánicos, con la posibilidad de obtener productos de alta calidad (Pinter et al., 2019, p. 1), siendo un material estable que se puede manipular, almacenar, transportar y aplicar al campo sin tener efectos adversos para el medio ambiente (Arvanitoyannis, y Varzakas, 2008, p. 574).

El proceso de obtención de compost se da mediante la fermentación en estado sólido aeróbico mediado por microorganismos como hongos y bacterias (Bohórquez, 2019, p.9), que actúan sobre distintos materiales orgánicos, que son transformados en moléculas orgánica e inorgánicas más estables (Villacís et al., 2016, p. 94), el cual, contribuye a la mejora de las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo (Sánchez et al., 2017, p. 1), reduciendo la erosión, aumentando la capacidad de retención de agua y del tampón de pH, mejorar la estructura física del suelo (agregado estabilidad, densidad, tamaño de poro), y también mejoran la actividad biológica del suelo (Bernal et al., 2017, p. 209).

En la Figura N°1 se muestra el proceso de compostaje, en la que actúan microorganismos para la degradación de la materia orgánica, que con una adecuada verificación de sus parámetros (humedad, temperatura, pH, entre otros) el resultado será adecuado, rico en nutrientes para el cuidado de los cultivos y el control de plagas.

Figura N° 1 Proceso de obtención del compost orgánico



Elaboración propia.

En el proceso de formación de compost, la materia orgánica pasa por cuatro fases, iniciando con la fase mesófila, en la cual los microorganismos empiezan a degradar los compuestos orgánicos más fácilmente asimilable (como los azúcares), durante esta fase la temperatura aumenta considerablemente no mayor a los 45 °C, debido al calor metabólico generado por la actividad microbiana (Cecilia et al., 2011, p.192). Los microorganismos mesofílicos utilizan el oxígeno disponible para transformar el carbono, a partir de la materia prima, para obtener energía y liberar dióxido de carbono y agua (Chang et al., 2006 citado por Latifah et al, 2015 p. 326).

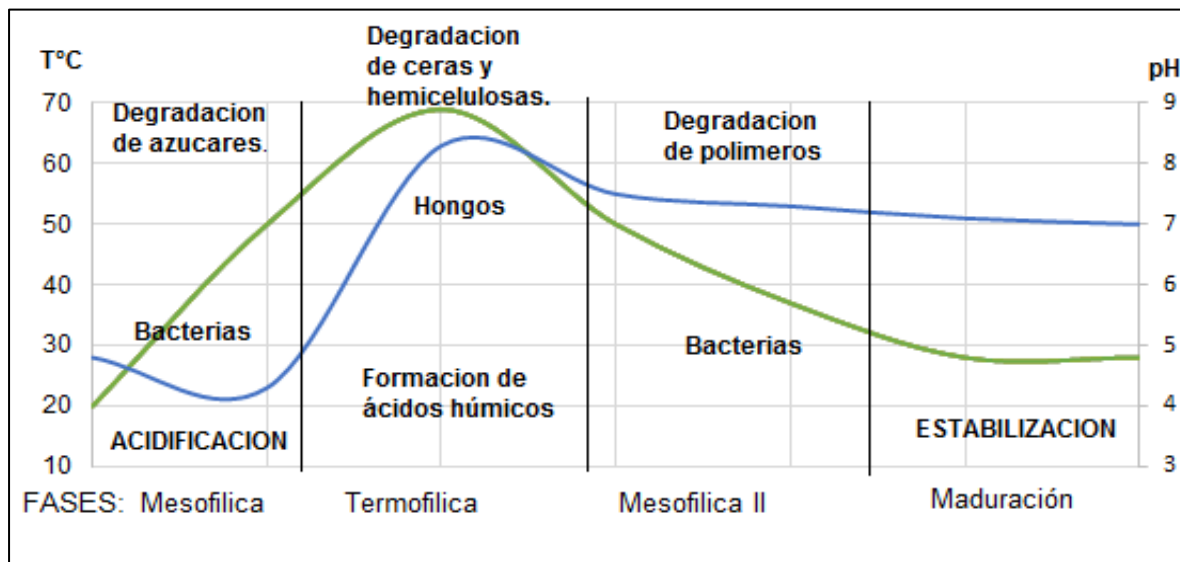
Seguido de la fase termófila, es una fase dinámica con elevada actividad microbiana en la que la degradación de la materia orgánica, es acelerada. Esta fase tiene la ventaja de desinfectar el compost (Sarkar, Pal y Chanda, 2016, p. 435), empezando cuando la temperatura es mayor a los 45 °C y para lograr una tasa de descomposición óptima, la temperatura máxima debe de ser de aproximadamente 65°C (Cecilia et al., 2011, p.192), en esta fase se destruye los patógenos y maleza del compostaje (Wang et al. 2016, p. 299), para ello debe durar alrededor de tres a cuatro días (Neklyudov, Fedotov y Ivankin, 2008, p. 6).

La fase mesófila II o enfriamiento, es caracterizada por una actividad microbiana disminuida y una temperatura disminuida. Dentro de esto, la masa de compost es recolonizada por microorganismos mesofílicos que degradan los azúcares residuales, la hemicelulosa y la celulosa, (Rastogi, Nandal y Khosla, 2020, p. 2), la cual es difícil de degradar para los microorganismos (Li et al., 2020, p. 3).

Finalmente, en la cuarta fase se caracteriza por la disminución gradual de la temperatura, se describe mejor como la fase de maduración del proceso de compostaje; los microorganismos mesofílicos que han sobrevivido a la fase de alta temperatura o que invaden el material de enfriamiento desde el exterior suceden a los termofílicos y extienden el proceso de degradación hasta donde se pretende (Kutzner, 2001, p. 40), tarda meses y la temperatura se mantiene a la del ambiente, en la que se producen ácidos fúlvicos y húmicos (Román, Martínez y Pantoja, 2013, p. 24).

En la figura N° 2, se ilustra las cuatro fases, en las que se degrada los materiales orgánicos con la finalidad de convertirlos en un compost, rico en nutrientes para los cultivos. Inicialmente los microorganismos mesofílicos degradan los compuestos orgánicos como los azúcares, los cuales aparecen de acuerdo a la variación de la temperatura que va desde la temperatura ambiente, hasta unos 45-50°C, pasando a la fase termófila en la que se destruyen los patógenos en una temperatura de máxima de 65 °C, para finalmente descender a la temperatura ambiente.

Figura N° 2 Principales fases de compostaje: Mesófila, Termófila, Enfriamiento, Maduración.



Elaboración propia.

Existe una serie de parámetros que influyen durante el proceso y que por tanto es necesario controlar, como la temperatura, el pH, la humedad, el contenido de nutrientes, la relación C/N, entre otros. Los cuales son clave para el desarrollo del compostaje, ya que conducen a las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo microbiano, y descomposición de materia orgánica (Salama et al., 2016, p. 31), además de mejorar la fertilidad del suelo, como la porosidad y el tamaño de partícula (Flores et al., 2019, p. 283).

La temperatura es uno de los principales parámetros utilizados para controlar el proceso de compostaje que refleja la actividad microbiana (Abid et al, 2020, p. 4), va variando a lo largo del proceso en función a la degradación de la materia orgánica, (Cabildo et al., 2008, p. 151), se mide mediante un termómetro digital, a diferentes profundidades y alrededor del sistema usado en la elaboración del compostaje (Abdel-Rahman et al., 2016, p. 3). El proceso inicia con una temperatura ambiente, alcanzando hasta los 65°C aproximadamente, para posteriormente disminuir gradualmente (Campos, Brenes y Jiménez, 2016, p. 27). El aumento de la temperatura puede deberse a la actividad del metabolismo aeróbico de los microorganismos, que produce calor, así como una ventilación adecuada en la mezcla, proporciona suficiente oxígeno para estimular la actividad biológica y mantener las condiciones aeróbicas (Alavi et al., 2017, p. 119).

La humedad está relacionada con la actividad microbiana, de tal forma que la pérdida de dicho parámetro durante el proceso se da por el aumento de temperatura, en la que se indica el índice de descomposición (Sudharsan y Kalamdhad, 2015, p. 2018), durante el proceso debe encontrarse en un rango de 50 a 60% para permitir la circulación de oxígeno y adecuada porosidad (Cabildo et al., 2008, p. 151), finalmente de 15 a 30% para un compost maduro (Hou et al. 2017, p. 11).

El pH es importante durante el proceso de compostaje, se encuentra relacionado a la descomposición microbiana de materiales orgánicos, además de la liberación y formación de amoníaco (Ye et al., 2019, p. 281), debe encontrarse dentro del rango establecido para que la actividad no sea limitada (Zhang y Sun, 2016, p. 6),

los compost maduros deben tener un pH neutro o ligeramente alcalino, es decir dentro de un rango de 7 a 9 (Kujawa, Mazurkiewicz y Czekala, 2020, p. 3).

La relación carbono-nitrógeno (C/N), es utilizado por los microorganismos presente en la materia prima (Barik, 2019, p. 31), para la producción de energía y crecimiento celular durante el proceso de compostaje (Zhang et al., 2016, p. 878), recomendándose que el valor inicial este entre aproximadamente 25 a 40, o incluso tan altos como 50 (Petric, Avdihodžić y Ibrić, 2015, p. 243), de tal forma de que al madurarse debe tener un valor menor o igual a 25 (Kutsanedzie, Ofori y Diaba, 2015, p. 203). Por lo tanto, para un compostaje eficiente, el sistema debe incluir un equilibrio de relación C/N, garantizando así la descomposición oportuna y evitar la pérdida de nutrientes, especialmente nitrógeno, que es altamente volátil durante la etapa termófila del proceso (Costa et al., 2016, p.3).

La conductividad eléctrica se encuentra reflejada en la salinidad de varios sustratos, es un buen indicador de la madurez del compost, debido a que es inevitable que la concentración de sales solubles aumente por la degradación de la materia orgánica (Voběrková et al. 2017, p. 3). El compost con alta conductividad eléctrica puede ser perjudicial para las plantas, mientras más bajo sea su valor mayor será la madurez del compost (Hou et al. 2017, p12), siendo generalmente, el valor menor a 4 mS/cm para obtener un compost maduro (Sharma et al., 2014, p. 54).

Los microorganismos eficientes son usados para mejorar la calidad suelo (nutrientes disponibles) (Navia et al., 2014, p.169) y degradación de materia orgánica (Romero y Vargas, 2017, p. 89) en el compostaje, ya que reduce el tiempo necesario para completar el proceso (Ney et al., 2020, p. 1), es un cultivo mixto de microorganismos benéficos (Mudhoo et al., 2020, p. 7), no exóticos, ni modificados genéticamente, provenientes de ecosistemas naturales, escogidos por sus efectos positivos, usados además para la elaboración de alimentos como el yogurt, quesos y salsa de soya (Palao, 2013, p. 1 57). Actúan sinérgicamente para impedir el desarrollo de bacterias patógenas y dañinas a través de la exclusión competitiva, lo que resulta en el dominio de especies beneficiosas (Dondajewska et al. 2019, p. 1356).

La utilización de los microorganismos eficientes, tiene efecto positivo en la mejora de la agricultura orgánica (Yáñez et al., 2016, p. 102), ya que tienen la función de fijar nitrógeno, degradar o descomponer desechos orgánicos y residuos tóxicos, reciclar e incrementar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la producción de polisacáridos para mejorar la agregación del suelo y la solubilización de fuentes de nutrientes insolubles (Luna y Mesa, 2016, p. 32), contribuyen en el restablecimiento del equilibrio microbiano, muchas veces deteriorado por las malas prácticas de manejo agronómico (Alejo y Mesa, 2019, p. 112). La composición detallada se mantiene en secreto, tiene varias aplicaciones como en la agricultura, biorremediación y compostaje, de la cual un compost con microorganismos eficientes muestra mejoras en relación al control de olores y reducción de grasas (Fan et al., 2017, citado por Safwat, 2018, p. 2).

Los microorganismos eficientes, está conformado por cinco familias, diez géneros (Ahn et al., 2014; citado por Zhong, Bian, y Zhang, 2018, p. 603), y más de 70 a 80 tipos de especies de microbios (Laskowska, Jarosz y Grądzki, 2017, p.3), aeróbicos y anaeróbicos incluidas bacterias fototróficas, bacterias ácido-lácticas, levaduras, (Castellanos et al. 2018, p.59), actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa (Lopez et al., 2017, p. 8).

Las bacterias fotosintéticas o fototróficas, tienen la capacidad de convertir compuestos orgánicos, como los ácidos grasos volátiles en hidrógeno y dióxido de carbono (Singh y Das, 2019, p. 146); que además sintetizan sustancias útiles como aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bio-activas y azúcares, que se absorben directamente en las plantas (Talaat et al., 2015, p. 282), representados fundamentalmente por las especies *Rhodobacter sphaeroides* y *Rhodopseudomonas palustris* (Su et al., 2017, p. 619).

Las bacterias ácido-lácticas, se representa principalmente por el *Lactobacillus spp.*, los cuales producen un ácido láctico, que promueve la fermentación y descomposición de material como la lignina y la celulosa, eliminando así el efecto indeseable de la materia orgánica no descompuesta (Talaat et al., 2015, p. 282). El ácido láctico que producen es un compuesto esterilizante fuerte, ya que inhibe el desarrollo de ciertos microorganismos patógenos, aumentando la descomposición de celulosa y lignina, produciendo así un

mejor ambiente para el crecimiento de los cultivos (Ramírez, Florida y Escobar, 2019, p. 22), además de que tiene la función de reducir el pH del compost (Siti, Sharifah y sarva, 2016, p.38).

Las levaduras, tienen la capacidad de sintetizar sustancias antimicrobianas mediante azúcares y aminoácidos, de tal forma que producen hormonas y azúcares usadas por las bacterias ácido-lácticas (Tanya y Leiva, 2019, p. 96). Tiene un gran beneficio en el desarrollo de las plantas y raíces, debido a la producción de enzimas y hormonas. Se tiene como especie el *Saccharomyces cerevisiae* (Calero et al., 2019. p. 115).

Los actinomicetos son bacterias filamentosas con cierto parecido con los hongos (Williams, Stapleton y Carnt, 2019, p. 69), forman filamentos ramificados en alguna etapa de su desarrollo, que mediante la degradación de polímeros complejos como la quitina, la lignina y la celulosa, ayudan en el control biológico de otras bacterias y hongos, y causan el deterioro de los productos alimenticios almacenados (Sowani et al., 2017, p. 105), siendo importante en actividades como el compostaje y en la formación de suelos. Algunas especies de los actinomicetos pueden ser endófitos en tejidos vegetales, como el *Streptomyces albus* y *Streptomyces griseus* (Vurukonda et al., 2018, p. 4), pertenecientes al género *Streptomyces*, con amplio repertorio para procrear compuestos anti-fúngicos que reprimen el crecimiento de varios hongos patógenos (Chaurasia et al., 2018, p. 7).

Los hongos fermentativos tienen la capacidad de reproducirse sexual y asexualmente, siendo la asexual la que tiende a reproducirse más rápido, poseen intimación relativamente bajos de nitrógeno, brindando así superioridad y facultad en la descomposición de componentes como la paja y la madera (Yang et al., 2017, p. 125). Los hongos en fermentación descomponen el material orgánico rápidamente para producir alcohol, ésteres y sustancias antimicrobianas, que suprimen los olores y evitan la infestación de insectos dañinos y gusanos, entre los cuales se encuentran especies como el *Aspergillus* y *Penicillium* (Talaat, 2019, p. 255).

Luego dar a conocer algunos conceptos básicos en relación a la presente investigación, se presentaron los antecedentes, por su importancia para el desarrollo del estudio de investigación.

En la tabla N° 1, se presentan los antecedentes de esta investigación, extraídos de artículos científicos, en las que se brindan datos importantes para la revisión bibliográfica donde se usa Microorganismos eficientes para la obtención de compost.

Tabla N° 1 Antecedentes en relación a investigaciones donde aplicaron Microorganismos Eficientes para la producción de compost orgánico.

| N° | AUTOR | TEMA | MICROORGANISMOS EFICIENTES | DESCRIPCION | RESULTADOS DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN | | |
|----|-------------------------|--|--|--|--|---|---------------------------------|
| | | | | | T1 | T2 | T3 (Control) |
| 1 | Álvarez, et al. (2019). | Calidad de compost obtenido a partir de estiércol de gallina, con aplicación de microorganismos benéficos | Se usaron inóculos de la planta de col (Brassica oleracea) y de la hierba luisa (Cymbopogon citratus), cada uno preparado al 5% para cada tratamiento. | Para la obtención de compost se utilizó 2041,2 kg excretos de gallinas, 612,36 kg cascarillas de arroz y 857,52 kg residuos de plantas de maíz. Y, para producir microorganismos se usaron 1000 ml de solución madre libre de vegetales depositado en 18L de agua sin cloro, con 2kg de hígado de res, 2L de melaza y 200gr. de sal de mesa, durante 10 días en un lugar sin la incidencia directa del sol. Se aplicó el método de pilas, en la que: T1: Compost + CMB1; T2: Compost + CMB2 y T3: Tratamiento testigo + 20L de agua. El compostaje se dio durante 13 semanas (91 días aprox.) para todos los tratamientos. | %MO: 35 T final (°C): 15.36 pH: 7.77 | %MO: 41, T final (°C): 15.72 pH: 7.96. | T final (°C): 15.97 pH: 8.05 |
| 2 | Apaza, et al. (2015) | Sistema de compostaje para el tratamiento de residuos de hoja de coca con la incorporación de tres activadores biológicos, en el centro experimental de Kallutaca. | Se usaron tres activadores biológicos, los cuales 2L de Yogurt fueron mezclados en 4L de agua; 2L de suero de leche mezclados en 4L de agua y 500g de Levadura en 4 L de agua. | Las pilas de compostaje fueron elaboradas a base de las siguientes capas: 136 kilos de hoja de coca humedecida en 2 litros de agua más 1142 kg de ingesta (50 %) y estiércol de vaca (50%). Cada pila tuvo 3 repeticiones, donde: T1 (Hoja de coca + Yogurt), T2 (Hoja de coca + Suero de leche), T3 (Hoja de coca + Levadura) y T4 (Hoja de coca + Agua). La etapa de estabilización empezó a los 40 días en cada pila. El tiempo de compostaje para el tratamiento T3 fue de 105 días. | T1: pH 7.9, MO: 61 %, N: 3.10%, P: 7886 mg/kg y K: 19217 mg/kg. | | |
| | | | | | T2: pH 7.8, MO: 58 %, N: 2.43%, P: 7058 mg/kg y K: 18406 mg/kg. | | |
| | | | | | T3: pH 7.8, MO: 57 %, N 2.40%, P: 6839 mg/kg y K: 17820 mg/kg. | | |
| | | | | | T4: pH 7.7, MO: 56 %, N: 2.33%, P: 5968 mg/kg y K: 5968 mg/kg | | |
| 3 | Hou, et al. (2017) | Papel de las bacterias psicrotróficas en los desechos domésticos orgánicos. Compostaje en regiones frías de China | Se inocularon 12 cepas a 13 °C, directamente del suelo. | Las doce cepas fueron: <i>A. cinetobacter</i> , <i>Kocuria</i> , <i>Exiguobacterium</i> , <i>Pontibacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Staphylococcus Streptococcus</i> , <i>Cellulosimicrobium</i> , <i>Leifsonia</i> , <i>Paraburkholderia</i> , <i>Pseudomonas</i> y <i>Ralstonia</i> cepas. Se hizo uso de un reactor que emplea aireación en proporción de 0.025 L/min. La presencia de microorganismos mixtos alcanza la madurez a diferencia del grupo de control, la fase termófila fue alcanzada a los 17 días de iniciado el proceso y a los 42 días término el tiempo de compostaje para ambas operaciones. | Grupos de control (CK) | Con Cepas(S) | |
| | | | | | T °C máx.= 40.1 pH = 8.83 % Humedad inicial =65.3 % Humedad final =25.0 EC: 3.0 C/N 23. | T °C máx.= 60.3 pH=7.5 % Humedad inicial =65.3 % Humedad final =26.3 EC 3.9 C/N= 13.22 | |

| | | | | | | | |
|---|----------------------------|---|--|---|---|--|---|
| 4 | Fan, et al. (2017) | Evaluación de microorganismos efectivos sobre residuos orgánicos domésticos | Se inocularon 1.2 L EM en el recipiente perforado. | Se hizo uso de recipientes perforado parcialmente aeróbico, donde cada contenedor contenía 4 kg de materia prima (50% de desperdicio alimentario simulado, 25% de hojas secas y 25% de salvado de arroz). Cada corrida se realizó por duplicado en donde: TC: Compost control y T1: Compost + EM. El compostaje culmino a los 60 días en los tratamientos | TC | T1 | |
| | | | | | T°C máx. = 46 pH inicial= 5.06 pH final= 7.52 R C/N= 8.60 CE: 2.01 dS/m | T°C máx.= 50°C pH inicial=4.51 pH final= 7.45 R C/N= 9.16 CE: 2.3 dS/m | |
| 5 | Heidarzadeh, et al. (2019) | Mejora del proceso de compostaje de residuos sólidos municipales mediante la reducción del tiempo del ciclo mediante la inoculación de <i>Aspergillus niger</i> | Se preparó 1.5 L del inóculo <i>Aspergillus niger</i> , usados en el reactor A y B. | Se usaron 3 biorreactores Aireados, con un volumen de 40L, donde se introdujeron 20 kg de residuos homogéneos. Los tratamientos consistieron en: Biorreactor A: Compost + <i>Aspergillus niger</i> (inoculo), Biorreactor B: compost viejo + inoculo y Biorreactor C: Control (Solo compost). Es importante mencionar que en el compost viejo ya había pasado una semana desde su fase de madurez, donde la humedad fue ajustada al 60%. El proceso de compostaje duro 25 días, pero es importante que a los 18 días no se dio cambios importantes. | Control | TA | TB |
| | | | | | pH= 7.9 T °C= 29 R C/N= 19.68 Humedad = 65 CE=2.99 mS/cm | pH= 8.2 T °C= 30 R C/N= 17.19 Humedad = 67 CE=3.2 mS/cm | pH= 8.0 T °C= 30 R C/N= 15.6 Humedad = 57 CE=2.9 mS/cm. |
| 6 | Medina et al. (2017) | Generación de un inoculante acelerador del compostaje. | El inóculo fue mezclado con paja y estiércol, en la que se agregó un litro de agua, obteniendo una mezcla homogénea, colocadas en charolas de 2kg. | Los inóculos fueron extraídos de cinco diferentes tiempos del proceso de compostaje (a los 18, 23, 28, 33 y 38 días de inicio). Los proceso se dieron con tres repeticiones cada uno, en cámaras de ambiente con 45% de humedad y 30°C TC (control) = paja (P) + estiércol de ovino (E), T1=P+E+ inóculo de 18 días de iniciado el proceso de compostaje (D18), T2= P + E + D23, T3= P + E + D28, T4= P + E + D33 y T5= P + E + D38 Al tratamiento cinco, que se le agregó el inóculo durante la última fase del proceso, mostró mejores resultados. La degradación de sustratos orgánicos se dio en un lapso 9 a 12 días iniciado el proceso, el compostaje del tratamiento control tardó más de 20 días. | TC : %MO: 36.71, %C: 20.06, %N: 3.16, C/N: 6.11, CE (dS/m): 6.26, pH: 9.28. | | |
| | | | | | T1 : %MO: 36.11, %C: 20.39, %N: 3.61, C/N: 6.65, CE (dS/m): 7.14, pH: 9.33. | | |
| | | | | | T2 : %MO: 34.09, %C: 18.94 %N: 3.21, C/N: 5.93, CE (dS/m): 8.44, pH: 9.42. | | |
| | | | | | T3 : %MO: 36.01, %C: 20.00, %N: 3.13, C/N: 6.42, CE (dS/m): 7.53, pH: 9.32. | | |
| | | | | | T4 : %MO: 40.52, %C: 22.52, %N: 3.43, C/N: 6.88, CE (dS/m): 7.53, pH: 9.33. | | |
| | | | | | T5 : %MO: 36.63, %C: 20.45, %N: 3.59, C/N: 5.68, CE (dS/m): 7.79, pH: 9.30. | | |

| | | | | | |
|---|-----------------------------------|--|--|---|--|
| 7 | Ribeiro, et al. (2017) | Aditivos microbianos en el proceso de compostaje. | Se usaron cepas de <i>Bacillus cereus</i> y <i>Bacillus megaterium</i> . | Cada pila pesaba 137kg, contenía 68.5kg de bagazo de caña de azúcar y 68.5 kg de pasto en capas alternas. En el cuarto giro, se obtuvieron los inóculos y las pilas fueron complementadas con 10% de harina de trigo, 2% de piedra caliza, 2% de yeso agrícola y 1,7% de urea para balancear el pH y aumentar el nitrógeno. El proceso duro 110 días, se aplicaron cuatro tratamientos donde: T1: Compost + <i>Bacillus cereus</i> ; T2: Compost + <i>Bacillus megaterium</i> ; T3: Compost + <i>Bacillus cereus</i> + <i>Bacillus megaterium</i> ; T4: control (sin adición de inóculo). | En el transcurso del proceso la temperatura vario entre 24.6°C y 66.1°C, donde la temperatura máxima fue alcanzada por T1 en la fase termófila. Por otro lado, la humedad oscilo entre el 53-60% para todos los tratamientos, el pH se mantuvo al inicio de la fase termófila en 5.5 a 6.0, estabilizándose en 7.1 y 7.3.El nitrógeno al inicio fue de 0.62%, luego paso a 1%, hasta alcanzar aproximadamente el 2%, donde el T1 tuvo 1.5%, T2: 1.81% y T3: 1.81%. |
| 8 | Karnchanawong, y Nissakla (2014). | Efectos de la inoculación microbiana en el compostaje de residuos orgánicos domésticos utilizando un contenedor de aireación pasiva. | Se usaron inoculantes obtenidos del compost maduro (MC) obtenidos de desechos orgánicos domésticos y dos inoculantes: EM y LDD1 (hongos, actinomicetos y bacterias productoras de lipasa). | Se utilizaron contenedores con aireación pasiva con una capacidad de 200L, donde se añadieron 1.6Kg de restos de comida con hojas seca en proporción 1:0.14, el proceso se llevó a cabo en 154 días. Utilizándose cinco tratamientos, donde: T1: Control, T2: Compost +EM, T3: Compost +LDD1, T4: Compost + MC al 2% y T5: Compost+ MC al 5%. Normalmente, el compost debe mantenerse en el rango termofílico durante 2 semanas para inactivar o matar los patógenos. | T1: T _{máx} (°C): 45.2, pH: 7.7, EC (dS/m): 4.5, Humedad (%): 61.7, Relación C/N: 13.4, %N: 2.52. T2: T _{máx} (°C): 45, pH: 7.8, EC (dS/m): 4.2, Humedad (%): 63.1, Relación C/N: 11.5, %N: 2.85. T3: T _{máx} (°C): 46.4, pH: 7.9, EC (dS/m): 4.4, Humedad (%): 62.1, Relación C/N: 12.7, %N: 2.58. T4: T _{máx} (°C): 49.9, pH: 7.9, EC (dS/m): 5.0, Humedad (%): 61.5, Relación C/N: 11.5, %N: 2.60. T5: T _{máx} (°C): 45.6, pH: 7.8, EC (dS/m): 4.6, Humedad (%): 59.9, Relación C/N: 10.7, %N: 2.75. |
| 9 | Sharma et al. (2014). | Información sobre el compostaje rápido de la paja de arroz aumentada con un eficiente consorcio de | Se usaron dos tipos de inoculantes, las cuales consisten en: inoculante de compost (CI) y microorganismos eficiente (EM). | CI: <i>Aspergillus nidulans</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i> , <i>A. awamori</i> EM: <i>Candida tropicalis</i> (Y6), <i>Phanerochaete chrysosporium</i> (VV18), <i>Streptomyces globisporous</i> (C3, <i>Lactobacillus</i> sp.). Cada pila de compost está compuesto por 40kg de paja de arroz y 5kg de caída de aves de corral. Siendo cada tratamiento por triplicado; consisten en: T1: Paja de arroz sola, T2: Arroz con paja + caída de aves, T3: Paja de | T1: %C: 38.88, %N: 1.20, C/N: 32.47, CE (mS/cm): 1.40. T2: %C: 35.60, %N: 1.89, C/N: 19.03, CE (mS/cm): 1.80. T3: %C: 32.53, %N: 1.87, C/N: 17.27, CE (mS/cm): 1.70. |

| | | | | | | |
|----|---------------------|---|---|--|---|---|
| | | microorganismos | | <p>arroz + caída de aves + CI (Inoculante del compost), T4: Paja de arroz + caída de aves + EM y T5: Paja de arroz + caída de aves + CI + EM (relación 1: 1). El período de compostaje fue de alrededor de 90 días. Dado que la EM también puede ser útil para mejorar aún más el proceso de descomposición. La temperatura máxima 50°C se alcanzó a los 10, disminuyendo a una de ambiente luego de 30 días con una humedad del 60%.</p> | <p>T4: %C: 34.60, %N: 1.96, C/N: 17.83, CE (mS/cm): 2.30.</p> | |
| | | | | | <p>T5: %C: 31.85, %N: 2.01, C/N: 15.78, CE (mS/cm): 2.70.</p> | |
| 10 | Wang et al. (2019) | Efecto de la inoculación microbiana sobre las propiedades fisicoquímicas y la estructura de la comunidad bacteriana del compostaje de cáscaras de cítricos. | El inoculante del compostaje fue una mezcla de varias bacterias que se seleccionaron a partir de muestras de compost de cáscaras de cítrico. Se usaron el 3% de inóculo en relación al peso seco. | <p>Se inocularon microorganismos durante el compostaje de cáscaras de cítricos. Los principales materiales para el compostaje fueron cáscaras de cítrico, salvado y cal, donde la relación de CP (peso fresco) y salvado (peso seco) es 1.23:1, la proporción de cal es 10 g/kg y la proporción de contenido de agua es del 55%. Se realizaron tres grupos de experimentos de compostaje, donde: CK: Compost control, pila a escala laboratorio (T1: 40kg de compost + 3% inóculo) y piloto (T2: 20 toneladas de compostaje + 3% inóculo). El período de compostaje fue de 35 días, pero la CK se echó a perder en los primeros 7 días. Por lo tanto, el tratamiento con CK no pudo continuar.</p> | T1 (Escala laboratorio) | T2 (Escala Piloto) |
| | | | | | <p>%Humedad: 33.82% C/N: 8.78 %MO: 59,28%</p> | <p>%Humedad: 24.29% C/N: 7.71 %MO: 54,42%</p> |
| 11 | Zhao, et al. (2017) | Efecto de la inoculación de actinomicetos termo-tolerantes y la formación de sustancias húmicas durante el compostaje. | <p>Se inocularon <i>Streptomyces sp. H1</i>, <i>Streptococosmyces sp. G1</i>, <i>Streptomyces sp. G2</i> y <i>bacteria Actinobacteria. T9</i> en la proporción de 1: 1: 1: 1.</p> | <p>Las materias primas para el compostaje fueron paja de maíz y estiércol lácteo con una proporción de 2: 1, además de que se eligieron las cepas con mayor toleración a altas temperaturas (60°C), con una concentración de inoculante en las pilas fue de 10⁹ CFU mL⁻¹. Todos los tratamientos se dieron en reactores analógicos, cada uno con 3 repeticiones, con humedad de 70% y relación C/ N alrededor de 30: 1. TCK: Compost control, T1: Se agregó inóculo día 0 a 35°C, T2: Se agregó inóculo día 6 a 55°C, T3: Se agregó inóculo igual que T3 pero a las 45h y T4: Se agregó inóculo día 0, 6, y 15 al 2%. El tiempo total de compostaje fue de 60 días para todos. La relación C/N en los tratamientos T1 a T4 vario de 12 a 13.</p> | TCK: MO 39.32%, C/N: 15.5 | |
| | | | | | T1: MO 35.21% | |
| | | | | | T2: MO 33.47% | |
| | | | | | T3: MO 36.73% | |
| | | | | | T4: MO 30.25% | |

| | | | | | | |
|----|------------------------------|--|--|---|--|---|
| 12 | Zhong, Bian y Zhang. (2018). | Prueba de residuos de bambú compostados con y sin microorganismos efectivos agregados como una alternativa renovable a la turba en la producción hortícola. | Se aplicaron 10% de EM que constituye el 20% de agua en cada pila. En cada 2000kg se mezcló de 90% residuos de bambú y 10% de salvado de trigo. | Los residuos de bambú se mezclaron con el salvado de trigo debido a que la relación C/N inicial fue mayor a 200. Para activar los EM, una parte de inoculante microbiano de EM y una parte de melaza se mezclaron con 20 litros de agua libre de cloro. Se aplicó el método de pilas, con 3 repeticiones por cada tratamiento, en la cual T1: Sin EM Y T2: con EM. El cambio de la pila con presencia de EM, fue notorio debido a la temperatura de 62.8°C alcanzada en 18 días, a comparación del sin EM que en 18 días alcanzó una temperatura de 53.4 °C. Todas las pilas se compostaron durante 60 días. | SIN EM. | CON EM. |
| | | | | | T °C Max.= 53.4 pH= 5.78 R C/N= 87.3 P Total= 0.16 g/kg Ca 0.31 Mg 0.11 K 0.61 | T °C Max. = 62.8 pH= 6.02 R C/N= 74.1 P Total= 0.18 g/kg Ca 0.31 Mg 0.13 K 0.64 |
| 13 | Villacíz et al. (2016) | Compatibilidad y sobrevivencia de microorganismos benéficos de uso agrícola (<i>Beauveria bassiana</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> y <i>Paecilomyces lilacinus</i>) en compost | Se usaron los siguientes inóculos: <i>Beauveria bassiana</i> (BB), <i>Paecilomyces lilacinus</i> (PL) y <i>Bacillus thuringiensis</i> (BT) | Para la elaboración del compost, se usó estiércol ya secado de gallinaza y de ganado vacuno. Acomodado en capas de 20 centímetros, los cuales fueron separados por capas de 2 centímetros de cascarilla de arroz, adicionándose 2 litros de melaza concentrado al 15%, 500g de cal y 150g de levadura. Se realizaron 3 repeticiones para cada tratamiento, donde: T1: Compost + 100cm ³ de BB, BT y PL, T2: Compost + 50cm ³ de BB+ 100cm ³ de BT y PL, T3: Compost + 50cm ³ de BB y BT +100cm ³ PL y T4: Compost + 100 cm ³ de BB y BT + 50 cm ³ PL. Es importante mencionar que cada 15 días se realizó el volteo de cada pila, el proceso duro 60 días. | T1: %MO: 24.93, %N: 2.27, %P: 0.58, %K: 0.54, CE (dS/m):13.90, pH: 9.07. | |
| | | | | | T2: %MO: 22.33, %N: 2.23, %P: 0.65, %K: 0.48, CE (dS/m):11.37, pH: 8.63. | |
| | | | | | T3: %MO: 21.40, %N: 2.17, %P: 0.79, %K: 0.53, CE (dS/m):13.90, pH: 9.20. | |
| | | | | | T4: %MO: 23.27, %N: 2.23, %P: 0.73, %K: 0.41, CE (dS/m): 13.27, pH: 8.93. | |
| 14 | Camacho et al. (2014). | Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos | Se usaron 2 cepas actinobacterias (S. Albogriseolus (ENCB 70) y S. Tendae (ENCB 77)) y 1 hongo filamentosos (<i>Aspergillus fumigatus</i>). | Los inóculos fueron obtenidos durante 70 días a 45°C en sustratos de residuos domésticos y de poda de jardín. El sustrato se elaboró a base de residuos podados de jardín y residuos domésticos, donde: T1: Sustrato estéril sin inocular; T2: sustrato estéril inoculado; T3: sustrato no estéril sin inocular y T4: sustrato no estéril inoculado. Durante el proceso de compostaje el pH fue mayor a 8, excepto del sustrato estéril sin inocular. El proceso de compostaje para todas las pilas fue de 70 días. | T1: %N Total inicial: 1.06, %N Total final: 1.07, C/N inicial: 39.82, C/N final: 28.66. | |
| | | | | | T2: %N Total inicial: 1.06, %N Total final: 1.95, C/N inicial: 39.82, C/N final: 7.99 | |
| | | | | | T3: %N Total inicial: 1.28, %N Total final: 1.98, C/N inicial: 34.59, C/N final: 9.08 | |
| | | | | | T4: %N Total inicial:1.28, %N Total final: 2.22, C/N inicial: 34.59, C/N final: 6.44 | |

| | | | | | | |
|----|-------------------------------|---|--|--|--|--|
| 15 | Jusoh, Manaf y Latiff (2013). | Compostaje de paja de arroz con microorganismos efectivos (EM) y su influencia en la calidad del compost | Se usaron Microorganismos eficientes (EM). | El compost estuvo compuesto por: 10 kg de paja de arroz + 6kg de estiércol de cabra + 4kg de desechos verdes (desechos de frutas y verduras del mercado). La activación del EM se dio con melaza y 20 litros de agua libre de cloro. Cada tratamiento se repitió tres veces, siendo las siguientes: T1: Compost + EM y T2: Compost sin EM El proceso de compostaje duro 90 días. | SIN EM | CON EM |
| | | | | | Tmáx.: 56.2°C pH: 7.62 Relación C/N: 16.1 %P: 0.17 %K: 1.4 %N: 1.8% | Tmáx.: 58.2°C pH: 7.55 Relación C/N: 10.3 %P: 0.22 %K: 1.7 %N: 2.4% |
| 16 | Fan et al. (2016). | Cambios en la química y la biología en el compostaje con restos de cocina, salvado de arroz y hojas secas con diferentes inoculantes microbianos. | Se usó 1.2 litros de cada inoculo. Microorganismos eficientes (EM), Tempeh y Tapai. | Cada pila de compostaje consta de un total de 4 kg de materiales (2 kg de desechos de cocina, 1 kg de hojas secas, 1 kg de cerebro de arroz). Los tratamientos fueron: T1: Compost + Tempeh. T2: Compost + Tapai. T3: Compost + 0.6L tempeh + 0.6L Tapai. T4: Compost + EM. T5: Compost control + 1.2L de agua destilada. El proceso de compostaje duro alrededor de 60 días. | La temperatura máxima para T1 Y T1 fue 52°C, a diferencia del de control que solo alcanzó los 46°C. Después de 8 semanas, los valores de pH de todos los compost fueron aproximadamente neutros (7 - 8) indicando la estabilidad de la materia orgánica. La relación C: N disminuyó significativamente con el tiempo y se estabilizó en la semana 2, con valores menores a 10. | |
| 17 | Wang et al. (2015). | Evaluación de compostaje mejorado microbianamente de residuos de <i>sophora flavescens</i> | Se usaron 10 ml de inoculos por cada KG. Fueron: Bacillus subtilis G-13 Chaetomium thermophilum GF-1 | El compost estuvo compuesto por: <i>sophora flavescens</i> + Salvado de trigo + Aserrín y agua. Se realizaron tres repeticiones para cada tratamiento conformado por: T1: Control y T2: Compost + Inóculos. El cambio de temperatura se dio a los dos días para ambos tratamientos en 57°C, manteniéndose por seis días tiempo donde se realizó la desinfección del compost. El proceso de compostaje duro 60 días. | Control | Con Inoculo |
| | | | | | Tmáx: 53.1 °C. pH: 7,8 Relación C/N: 17.77 | Tmáx: 55.6 °C pH: 7,8 Relación C/N: 15.88 |

Fuente: Elaboración propia.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es básica o pura, realizada con el propósito de aumentar los conocimientos teóricos para el progreso de una determinada ciencia (Ander, 2011, p.41).

El diseño de investigación es cualitativo narrativo de tópicos, ya que se enfoca en una temática, fenómeno o suceso en donde se pretende entender los procesos o eventos que involucran pensamientos e interacciones, mediante la vivencia contada por las personas que lo experimentan, donde regularmente la recolección de datos se da a través de entrevistas, documentos, artículos o imágenes (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 488).

3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

Para el desarrollo de la matriz (tabla 2), se tiene como objetivo general: analizar el efecto de los microorganismos eficientes en la obtención de compost orgánico.

Tabla N° 2 Matriz de categorización apriorística.

| Objetivos Específicos | Problemas específicos | Categoría | Subcategoría | Unidad de análisis |
|---|---|----------------------------------|------------------------|--|
| Identificar el efecto de los microorganismos eficientes en el tiempo de obtención de compost orgánico | ¿Qué efecto tiene la presencia de los Microorganismos eficientes en el tiempo de obtención de compost orgánico? | Tiempo del proceso de compostaje | Fase termófila (Fase2) | Hou et al., 2017, p.1. Apaza et al., 2015, p.81. Zhong, Bian y Zhang., 2018 p. 604. Fan et al., 2018, p. 55. Ribeiro et al., 2017, p.161. Wang et al., 2019, p. 3. Karnchanawong, y Nissaikla, 2014, p. 356. |
| Identificar el efecto de los microorganismos eficientes en la calidad del compost orgánico. | ¿Qué efecto tiene la presencia de los Microorganismos eficientes en la calidad del compost orgánico? | Calidad del compost maduro | Parámetros Químicos. | Apaza et al., 2015. p.80. Zhong, Bian y Zhang, 2018, p. 604. Villacis et al. 2016, p. 96. Sharma et al. 2014, p. 5. Fan, et al., 2018, p. 56. Zhao et al, 2017, p.77. Wang et al. 2015, p. 66. Álvarez et al., 2019, p. 357. Fan et al. 2016, p. 1450. |

| | | | | |
|--|--|--|---------------------|--|
| | | | | Jusoh et al. 2013, p.4. Medina et al. 2017, p.4. Camacho et al. 2014, p. 295. |
| | | | Parámetros Físicos. | Fan et al., 2018, p. 56. Apaza et al., 2015. p.80. Zhong, Bian y Zhang, 2018, p. 604. Sharma et al. 2014, p. 4. |

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Escenario de estudio

El presente estudio de investigación no tiene un escenario específico, está basado en la revisión de varios artículos científicos, manuales y libros publicados a nivel nacional e internacional respecto al efecto de los microorganismos eficientes para la obtención de compost orgánico.

3.4. Participantes

Los participantes en esta investigación, son artículos científicos de revistas indexadas, libros y capítulos de libro, obtenidas de fuentes como: Science direct, Scielo, SageJournals, Springer, Elseiver, Google books y google académico.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La información extraída relacionada a la aplicación de microorganismos eficientes para la obtención de compost orgánico, incluye el título, autor (es), objetivos, características de los microorganismos eficientes (dosis o activación, tiempo de influencia), preparación del compost, tiempo de compostaje y parámetros fisicoquímicos del compost maduro, facilitando así la interpretación o análisis del presente estudio. Dicha tabla se encuentra ubicado en el Anexo N° 1.

La técnica usada fue el análisis documentario, la cual consiste en la búsqueda de información, la cual se selecciona, organizan y analizan el material que otros autores han realizado dentro del campo estudiado, es decir responden a las interrogantes planteadas durante el desarrollo del tema (Peña y Pirela, 2007, p. 58).

3.6. Procedimiento

Para la investigación narrativa de tópicos, inicialmente se realizó un muestreo de documentos, en las que se consideraron artículos de revistas indizadas, libros o capítulos de libros y manuales, de fuentes académicos como: Science direct, Scielo, SageJournals, Springer, Elseiver, Google books y google académico, considerando palabras claves en inglés y español, como compostaje, fases del compost, parámetros fisicoquímicos del compost, calidad del compost, uso de microorganismos eficientes, Compost phases, Organic commposting, Types of efficient microorganisms, efficient microorganisms, organic commposting, Physicochemical parameters of compost y Physico-chemical parameters.

Durante la recolección de la información se tuvo alrededor de 182 artículos, siendo descartadas 95 referencias por no guardar relación con el tema estudiado, de tal manera que se consideró alrededor de 87 referencias.

En la tabla N° 3 se resume todos los artículos, manuales, libros y capítulos de libro usados en el presente estudio de investigación, de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

Tabla N° 3 Resumen de criterios de búsqueda.

| Tipo de documento | Documentos referidos a | Cantidad | Palabras clave de búsqueda | Idioma | Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
|---------------------|---|----------|---------------------------------------|---------|---|--|
| Artículo científico | Compostaje | 22 | Organic commposting | Inglés | Para el desarrollo del estudio, fue necesario que cada fuente tenga relación con el tema, así como la antigüedad de 5 años. | Se descartaron las fuentes que superaron la antigüedad de 5 años además de información de fuente no confiable. |
| | | 10 | Compostaje | Español | | |
| | Calidad del compost maduro | 2 | Parámetros fisicoquímicos del compost | Español | | |
| | | 15 | Physicochemical parameters. | Inglés | | |
| | Aplicación de microorganismos eficientes. | 9 | Uso de microorganismos eficientes. | Español | | |
| | | 7 | Efficient microorganisms | Inglés | | |
| | | 6 | Types of efficient microorganisms | Inglés | | |

| | | | | | | |
|---------------------|----------------------------|---|---------------------------------------|---------|--|--|
| Libros | Proceso de compostaje | 2 | Compost | Español | | |
| | | 1 | Calidad del compost | | | |
| | | 2 | Microrganismos eficientes | | | |
| Capítulos de libros | Compost orgánico. | 1 | Parámetros | Español | | |
| | | 2 | Compost | Ingles | | |
| | | 1 | Compost phases | | | |
| | | 2 | Physicochemical parameters of compost | | | |
| | Microorganismos eficientes | 3 | Types of efficient microorganisms | | | |
| Manuales. | Compostaje | 2 | Fases del compost. | Español | | |

Elaboración propia.

Nota: 5 de los artículos son de años anteriores, por la importancia de su información.

3.7. Rigor científico

El rigor científico para el presente estudio de investigación, de tipo cualitativo narrativo de tópicos cumple con la validez y confiabilidad, basado en los siguientes criterios:

- a) Dependencia: Permite la fiabilidad del estudio, comprendiendo el reporte de la información obtenida, mediante el método utilizado. Para ello se incluye el diseño del estudio, la descripción detallada y la evaluación del proceso (Varela y Vives, 2016, p.194). Es decir, la información recolectada está relacionado con el diseño y descripción del estudio, en la que los resultados obtenidos de diferentes investigaciones son similares en el campo estudiado, además de que dicha recolección se realizó con cuidado y coherencia.
- b) Credibilidad: Es la validez del estudio, relacionada con la metodología descrita y separadas, basadas en el problema de la investigación (Guerrero, Lenise y Ojeda, 2016, p. 251), en donde la información recolectada es auténtica, ya que describe detalladamente los resultados obtenidos por los investigadores relacionados al tema.

- c) **Transparencia:** La información plasmada, permite aportar o transferir la información e ideas sobre lo estudiado a otros lectores, de tal forma que influye la percepción y juicios sobre el problema estudiado (Hamui, 2015, p. 52).
- d) **Fundamentación:** El estudio contiene un marco teórico sólido, producto de una revisión bibliográfica extensa y enfocada en investigaciones relacionados al tema (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 459).
- e) **Autenticidad:** La información plasmada, se expresan tal y como son, ya que permite estudiar los resultados de las experiencias del investigador. Basado en la aproximación de futuros resultados del estudio (Noreña et al., 2012, p. 267).

3.8. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos con enfoque cualitativo, se realiza usando el método de categorización, en la que el problema, objetivo, teoría y metodología describe el tema a investigar (Barbosa, Barbosa y Rodriguez, 2013, p. 85).

En el presente estudio de investigación, el análisis se realizó usando el método de grupos de categorías, divididos en dos subcategorías, cada uno con su objetivo general y específico como se muestra en la Tabla N° 2, delimitados por descripciones con criterios similares, agrupando la información de artículos según la aplicación de microorganismos eficientes en el tiempo de compostaje durante la fase termófila, seguido de artículos relacionados a los efectos de los microorganismos en la calidad fisicoquímica del compost maduro.

3.9. Aspectos éticos

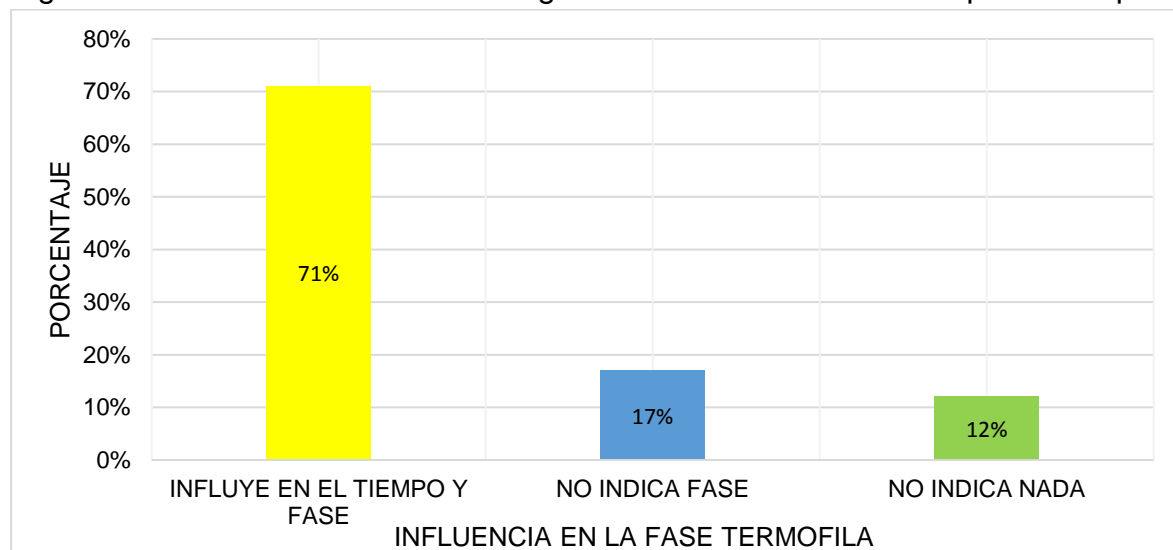
Para asegurar la calidad ética de la investigación, se ha tomado en cuenta los siguientes aspectos éticos: a) En relación a la información obtenida de diversos autores nacionales e internacionales, se ha citado apropiadamente las referencias, siguiendo las indicaciones de la norma ISO-690 y 690-2, b) Se cumple con el código de ética de investigación de la Universidad Cesar Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados respecto a la influencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de compostaje, se encuentran descritos detalladamente en el Anexo N° 2, de tal forma que el 71% (doce) de las diecisiete investigaciones, coinciden que el tiempo total del proceso de compostaje disminuye con la presencia de los microorganismos eficientes, sin embargo el tiempo de la fase termófila se prolonga (en alrededor de 8 días), debido a que los microorganismos aumentan su población y hay mayor degradación del material orgánico, además de que durante esta fase se produce la desinfección de patógenos, siendo de suma importancia la temperatura, la cual alcanzó una tendencia mayor en un rango de 49 a 66°C en un tiempo no mayor a 28 días, a diferencia de los tratamientos donde no se aplicaron microorganismos.

La figura N° 3 describe los resultados de diversos autores frente a la influencia de los microorganismos en relación al tiempo de compostaje, en la que de 17 antecedentes, solo el 71% indicaron que los microorganismos eficientes alcanzaron una mayor rapidez en la fase termófila (todos ellos con análisis estadístico), por otra parte el 17% no indicó la fase en la que actuaron los microorganismos eficientes, solo una mayor tendencia de temperatura y el 12% no indicó nada con respecto a los microorganismos eficientes y el tiempo de compostaje.

Figura N° 3 Influencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de compostaje.



Elaboración propia.

Los resultados obtenidos, fueron comparados con el estudio de Apaza et al. (2015, p. 81), mencionan que los microorganismos eficientes lograron acortar el tiempo de compostaje de siete meses a tres meses y medio, estableciéndose que la temperatura es uno de los factores importantes en la fase termófila, por la degradación de la materia orgánica (como polímeros: almidón, celulosa y caseína y compuestos fitotóxicos), dicha fase fue alcanzada a los 5 días con una temperatura máxima de 58 °C, prologándose el tiempo por 10 semanas, a comparación del tratamiento testigo que duro solo 9 semanas; se indicó la importancia del material a compostar, para evitar la propagación de olores y la perdida de calor.

Por otro lado, Hou, et al. (2017, p. 10), mencionaron que el tiempo de compostaje se completó a los 42 días iniciado el proceso, tiempo corto a diferencia de otros estudios, siendo importante mencionar que las bajas temperaturas influyen en forma negativa para la obtención de compost, ya que extiende la fase mesófila, acortando así la etapa termófila, el secado de material y la madurez del producto, conduciendo al fracaso en el proceso de compostaje. El tratamiento con microorganismos alcanzó la fase termófila a los 17 días iniciado el proceso, con una temperatura máxima de 60.3°C (la cual se prolongó en 24 días) a diferencia del tratamiento control que solo llego a 40.1 °C en 25 días, indicándose que la temperatura debe ser superior a 55°C, para lograr la desinfección total del compost (eliminación de patógenos), lo cual no se pudo lograr en el tratamiento control.

Fan, et al. (2018, p. 3), indicaron que el tratamiento con microorganismos eficientes logró la madurez del compost orgánico, libre de patógenos en un periodo de dos meses. La fase termófila en el tratamiento con microorganismos fue alcanzada a los 5 días iniciado el proceso, con una temperatura máxima de 50°C, experimentando que la fase se prolongue en 8 días en comparación con el control (3 días), significando que los microorganismos eficientes aumentaron su población y la actividad en la materia prima, siendo el material de fácil degradación. La temperatura termofílica es importante para la desinfección del compost (eliminación de patógenos), siendo de gran importancia ser constante por un mínimo de tres días consecutivos.

Así como, Zhong, Bian y Zhang (2018 p. 604), indican que los procesos de compostaje para ambos tratamientos fueron de 60 días. En el tratamiento con microorganismos eficientes, la fase termófila se alcanzó a los 18 días que inicio el proceso con una temperatura de 62.8 °C comparado con el tratamiento sin microorganismos con 53.4 °C en 28 días. Aunque ambos tratamientos alcanzaron la temperatura termofílica, la duración de la fase en el tratamiento con microorganismos fue mucho mayor (38 días frente a 30 días), lo cual permitió que solo en este tratamiento se logre la desinfección del compost.

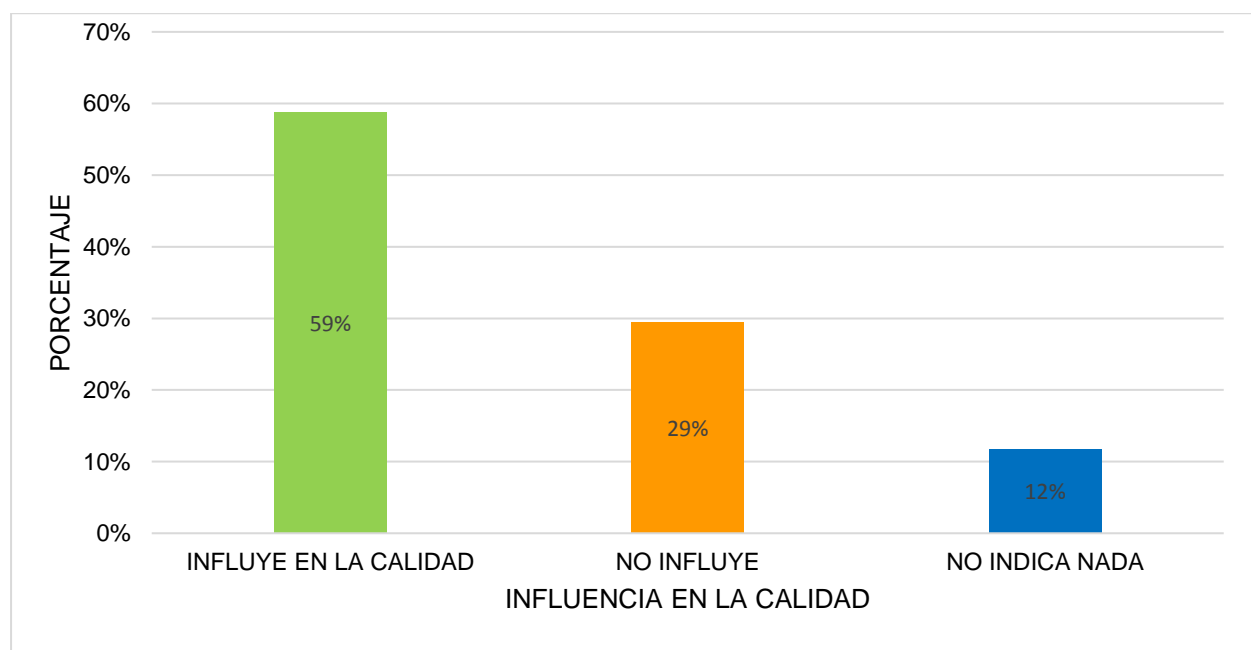
Por tal, Wang et al. (2019, p.3), indican que el periodo de compostaje para ambos tratamientos con microorganismos (escala laboratorio y escala piloto) fue de 35 días, pero que el tratamiento control no pudo continuar, ya que se echó a perder, causó mal olor por la fermentación anaeróbica en los primeros 7 días. La fase termófila para ambos tratamientos fue alcanzada a los dos días que se inició en el proceso con una temperatura de 55°C, debido a la rápida degradación de la materia orgánica. La tendencia de los cambios de temperatura en ambos tratamientos es similar, pero la etapa termofílica del tratamiento a escala laboratorio y escala piloto duró el tiempo de 5 y 25 días, respectivamente.

Finalmente, Álvarez et al. (2019, p. 358), indica que la investigación se realizó durante 13 semanas, determinando que los microorganismos suprimen los malos olores y la presencia de moscas durante el proceso de compostaje, acelerando además la degradación del material orgánico, lo cual depende de la actividad microbiana y de la temperatura que varía de acuerdo a las fases del proceso de compostaje: mesófila, termofílica, mesófila II o enfriamiento y maduración. Se tuvo como resultado que la temperatura máxima fue registrada en la semana 3 superior a 50°C y al final del proceso en todos los tratamientos la temperatura estuvo dentro del rango deseado para un compost maduro.

Los resultados obtenidos en relación a la influencia de los microorganismos eficientes en la calidad fisicoquímica de un compost maduro, se encuentran detallados en el Anexo N° 2. Siendo la calidad del compost establecida por los siguientes parámetros como el pH, conductividad eléctrica (CE), humedad, entre otros. De tal forma, que el 59% (10 autores) de las investigaciones coinciden en que el compost con presencia de microorganismos eficientes es de mejor calidad respecto al tratamiento control o testigo, evidenciando además el control en la propagación de insectos y malos olores.

La figura N° 4 describe los resultados en relación a la influencia de los microorganismos eficientes en la calidad final (parámetros físico-químicos) del compost orgánico, de la cual el 59% indica que los microorganismos eficientes si influyen en la calidad del compost maduro, el otro 29% indica que no influye en la calidad debido a que los resultados son similares con o sin presencia de microorganismos y el 12% no indica nada.

Figura N° 4 Influencia de los microorganismos eficientes en la calidad del compost maduro.



Elaboración propia.

Hou et al. (2017, p. 11 -13), hace mención que el contenido de humedad en el tratamiento con microorganismos se redujo a 26.3% comparado al tratamiento control que solo

disminuyó a 41.3%, siendo un contenido de humedad de aproximadamente 15% a 30% para un compost maduro, por otro lado, el pH del tratamiento control alcanzó solo el 7.5 a diferencia del tratamiento con microorganismos que alcanzó un pH 8.83, siendo un compost maduro caracterizado por ser ligeramente alcalino. La conductividad eléctrica al final del compostaje por el tratamiento control y el tratamiento con microorganismos fueron de 3.7 mS/m y 3.11 mS/m, respectivamente, indicando que mientras más bajo sea el valor de la conductividad eléctrica mayor es la madurez, la relación C/N disminuyó de 38.27 a 13.22 a los 42 días en el tratamiento con microorganismos a diferencia del tratamiento control, que no cambió con el tiempo. Por lo tanto, el compost alcanzó la madurez en el grupo de tratamiento con microorganismos, pero no en el grupo de control.

Por otro lado, Heidarzadeh et al. (2019, p. 7-9), indican que el proceso de compostaje duro 25 días, pero que, para ambos tratamientos con presencia de microorganismos, no hubo cambios significativos en la relación C/N después de 10 días, dando como resultado que para el tratamiento A fue de 15.6 y en el B fue 17.19 a comparación del tratamiento control que dio como resultado 19.68 en 18 días. Se midió la conductividad eléctrica, debido a que un alto contenido podría causar un efecto negativo para las plantas, dando como resultado que para los tratamientos con microorganismos A y B fuera de 2.99 y 3.3 mS/cm y para el tratamiento control fue 2.91 mS/cm. El uso de microorganismos para tratar residuos sólidos municipales, tiene un efecto positivo sobre la calidad del producto y reducir el tiempo de proceso, siendo viable su uso, debido a que las empresas siempre buscan formas de reducir sus costos operativos.

Sharma et al. (2014, p. 4-5), mencionan que los parámetros estudiados se midieron a los 60 días, de tal forma que, en el tratamiento inoculado con microorganismos eficientes, el contenido de carbono se redujo a 34.60%, así como que el contenido de nitrógeno que tuvo un aumento significativo en el 1.96% a diferencia del tratamiento control que solo alcanzó el 1.20%. La relación C/N en el tratamiento con microorganismos eficientes fue de 17.83, lo cual, validó su papel en la degradación de la materia orgánica, frente al tratamiento control que el 32.47, valor que supera el rango de madurez, por otro lado el valor de la conductividad eléctrica fue de 2.56 mS/cm, lo cual también indica la estabilidad

del compost. Es decir, el resultado de este estudio indica que la evaluación de varios parámetros del compostaje, puede llevarse a cabo mediante la inoculación de microorganismos eficientes.

Para Zhao et al. (2017, p. 3-5), el proceso de compostaje se dio en un periodo de 60 días, dando como resultado que el contenido de materia orgánica, se redujera a los 4 días iniciado el proceso en los tratamientos inoculados con microorganismos, en comparación al tratamiento control, para finalmente a los 60 días los tratamientos con presencia de microorganismos alcanzaran valores en un rango de 30.25-36.73%, resultados menores frente el tratamiento control (38.32%). La relación C/N en los tratamientos con microorganismos se redujo en un rango de 12-13, a diferencia del tratamiento control que alcanzó el 15.5, dando, así como resultado que los tratamientos inoculados podrían alcanzar valores menores de maduración aceptable antes que el tratamiento control.

Sin embargo, los autores, Zhong, Bian y Zhang (2018, p. 604.), indican que, a partir de los datos obtenidos en su estudio, se puede concluir que los residuos se pueden compostar con éxito con o sin el uso de microorganismos eficientes, ya que los parámetros estudiados se encontraron dentro del rango establecido. La adición de microorganismos eficientes cambió notablemente el perfil de temperatura durante el compostaje, produciendo así compost con mínimas diferencias de propiedades físicas y químicas, siendo los resultados similares a la de un compost en donde no se usó microorganismos.

Para Fan et al. (2018, p.56), las características del compost producido con y sin microorganismos muestra resultados similares, por encontrarse en el rango recomendado para indicar estabilidad o madurez del compost, además de estar libres de patógenos dentro del período de compostaje de dos meses. Después de 8 semanas, ambos tratamientos, estaban bien maduros con un valor de pH de alrededor de 7, con una conductividad eléctrica de 2, relación C/N menor a 14. Además de que el tratamiento con microorganismos no produjo olores desagradables a comparación del que no se usó microorganismos.

V. CONCLUSIONES.

En el estudio de investigación cualitativa las conclusiones fueron las siguientes:

1. Los microorganismos eficientes tienen la capacidad de influir en el tiempo de obtención del compost orgánico, por su capacidad de degradación y aceleración natural en el proceso. Siendo el 71% de los autores estudiados, que coinciden en que la presencia de microorganismos reduce el tiempo de compostaje, y la fase termófila es alcanzada con mayor rapidez, por su elevada temperatura comparada a la de un tratamiento control. El tiempo de la fase termófila es alargada por la presencia de microorganismos eficientes, debido a su alta reproducción microbiológica y degradación de la materia orgánica como polímeros y compuestos fitotóxicos; sirve además como desinfección del compost ya que se destruye los patógenos y maleza del compostaje en alrededor de tres días consecutivos.
2. La presencia de los microorganismos eficientes influye en la calidad del compost maduro, siendo el 59% de los autores que indica lo mencionado, debido a que durante el proceso los microorganismos degradan la materia orgánica, dando como resultado el aumento de algunos parámetros fisicoquímicos como la relación C/N, %humedad, % materia orgánica y pH. Es importante mencionar que los microorganismos controlan la propagación de olores o la pérdida de calor durante el proceso.
3. El uso de los microorganismos eficientes en la obtención del compost orgánico, es viable, ya que su aplicación durante el proceso mejora positivamente el rendimiento de degradación de la materia orgánica, en la que la obtención del producto final no supera los rangos establecidos. Siendo importante además el material a degradar, ya que de ello dependió el tiempo de maduración. Cabe mencionar que en el estudio de investigación se percató que algunos trabajos de investigación no indican influencia en el tiempo y calidad, porque lo que se debe establecer más investigaciones a razón de seguir con la mejora continua.

VI. RECOMENDACIONES

Con la finalidad de complementar y mejorar la revisión bibliográfica de la influencia de los microorganismos eficientes en la obtención del compost, las recomendaciones para futuras investigaciones son las siguientes:

1. Ampliar la investigación científica, con una muestra más amplia de documentos en la que el autor o los autores hayan realizado estudios sobre la influencia de los microorganismos eficientes en la calidad biológica del compost maduro, lo cual facilitaría la interpretación del mecanismo de cómo actúan los microorganismos eficientes en la degradación de la materia orgánica.
2. Ampliar la revisión bibliográfica, teniendo en cuenta los factores climáticos, químicos, biológicos y físicos, como el tamaño de partícula del material orgánico a compostar, por su influencia en el tiempo de duración del proceso de compostaje y en la calidad del compost maduro.
3. Es importante monitorear los parámetros desde que se inicia el proceso de compostaje (temperatura, humedad, pH, relación C/N, entre otros) hasta el desarrollo en cada fase, con el fin de interpretar y estudiar la actuación de los microorganismos eficientes en la degradación de la materia orgánica.
4. Organizar investigaciones referentes al efecto con microorganismos eficientes con metales pesados.

REFERENCIAS

1. Abdel-Rahman, Mohamed Ali [et al.]. Biotechnological Application of Thermotolerant Cellulose-Decomposing Bacteria in Composting of Rice Straw. *Annals of Agricultural Sciences* [en línea]. June 2016, vol. 61 n.o. 1. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178315000548>
ISSN 0570-1783
2. Abid Doctor, Wadii [et al.]. Physico-chemical and spectroscopic quality assessment of compost from date palm (*Phoenix dactylifera* L.) waste valorization. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2020, vol. 264, n.o. 110492. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720304266>.
ISSN 0301-4797
3. Abreu Cruz, Enildo [et al.]. Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. *Centro Agrícola* [en línea]. 2018, vol. 45, n.o.1. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000100007
ISSN 2072-2001.
4. Alavi, Nadali [et al.]. Investigating the efficiency of co-composting and vermicomposting of vinasse with the mixture of cow manure wastes, bagasse, and natural zeolite. *Waste Management* [online]. 2017, Vol. 69. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17305317>
ISSN 0956-053X
5. Alejo Aguiar, Luis Orlando y Mesa Reinaldo, José Ramón. Efecto de un biopreparado de microorganismos eficientes sobre el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris*, L.) en un suelo Pardo sialítico mullido, sin carbonatos. *Revista Científica Agroecosistemas* [en línea]. 2019, vol. 7, n.o. 2. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/299>
ISSN: 2415-2862
6. Álvarez-Vera, Manuel [et al.]. Quality of compost obtained from hen manure, with application of beneficial microorganisms. *Scientia Agropecuaria* [en línea]. 2019, vol.

- 10, n.o. 3 Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172019000300005&script=sci_abstract&lng=en
ISSN 2077-9917.
7. Ander Egg, Ezequiel. Aprender a investigar: Nociones básicas para la investigación social [en línea]. 1era edición, Córdoba: Editorial Brujas, 2011. Disponible en: <http://abacoenred.com/wp-content/uploads/2017/05/Aprender-a-investigar-nociones-basicas-Ander-Egg-Ezequiel-2011.pdf.pdf>
ISBN 978-987-591-271-7
8. Apaza Condori, Emma, Mamani Pati, Francisco y Sainz Mendoza, Humberto. “Sistema de Compostaje Para El Tratamiento de Residuos de Hoja de Coca Con La Incorporación de Tres Activadores Biológicos, En El Centro Experimental de Kallutaca.” Journal of the Selva Andina Biosphere [en línea]. 2015, Vol. 3, n.o. 2. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sciarttext&pid=S230838592015000200003&lng=es&nrm=iso> .
ISSN 2308-3859
9. Arvanitoyannis, Ioannis S. y Varzakas, Theodoros H. Chapter 9 - Fruit/Fruit Juice Waste Management: Treatment Methods and Potential Uses of Treated Waste. Editor(s): Ioannis S. Arvanitoyannis. In Food Science and Technology. Waste Management for the Food Industries. Academic Press, 2008. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123736543500122>.
ISBN 9780123736543.
10. Barbosa Chacón, Jorge Winston; Barbosa Herrera, Juan Carlos y Rodriguez Villabona, Margarita. Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas. Investigación bibliotecológica [en línea]. 2013, vol. 27, n.o. 61 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2013000300005&lng=es&nrm=iso
ISSN 2448-8321.

11. Barik, Debabrata. Chapter 3 - Energy Extraction From Toxic Waste Originating From Food Processing Industries, Editor(s): Debabrata Barik, In Woodhead Publishing Series in Energy, Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation, Woodhead Publishing, 2019. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081025284000031>. ISBN 9780081025284.
12. Bernal, Pilar M. [et al]. Current Approaches and Future Trends in Compost Quality Criteria for Agronomic, Environmental, and Human Health Benefits. Advances in Agronomy [en línea]. 2017, vol. 144. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065211317300196> ISSN 0065-2113
13. Bedoya Garland, Eduardo; Eduardo Aramburu, Carlos y Burneo, Zulema. Una agricultura insostenible y la crisis del barbecho: el caso de los agricultores del valle de los ríos Apurímac y Ene, VRAE. Anthropologica [en línea]. 2017, vol.35, n.38. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-92122017000100009&lng=es&nrm=iso. ISSN 0254-9212
14. Bohórquez Santana, Wilson. El proceso del compostaje. 1era edición, Bogotá: Ediciones Unisalle, 2019. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/libros/72/> ISBN: 978-958-5486-68-3
15. Cabildo Miranda, M. del Pilar [et al.]. Reciclado y Tratamiento de Residuos [en línea]. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), 2008. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=jXEFxC3GiGQC&pg=PT126&dq=tipos+de+compostaje&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj-5oGt8JrpAhVdhXIEHch5B7AQ6AEILjAB#v=onepage&q=tipos%20de%20compostaje&f=false> ISBN: 978-84-362-5504-1

16. Calero Hurtado, Alexander [et al]. Respuesta agroproductiva de la habichuela a la aplicación de vermicompost lixiviado y microorganismos eficientes. Revista de la Facultad de Ciencias [en línea]. 2019, vol.9, n.o. 1. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n1.82584>
ISSN 0121-747X.
17. Camacho, Alejandro D. [et al.]. Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. Terra Latinoam [en línea]. 2014, vol.32, n. o. 4 Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792014000400291&lng=es&nrm=iso.
ISSN 2395-8030.
18. Camacho Céspedes, Fabricio [et al.] Bio-optimización del compost con cultivos de microorganismos de montaña (MM) y lodos digeridos de biodigestor (LDBIO). Cuadernos de Investigación UNED [en línea]. 2018, vol. 10, n. o. 2, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v10i2.2163>.
ISSN 1659-4266.
19. Campos-Rodríguez, Roel, Brenes-Peralta, Laura y Jiménez-Morales, María. Evaluación Técnica De Dos Métodos De Compostaje Para El Tratamiento De Residuos Sólidos Biodegradables Domiciliarios Y Su Uso En Huertas Caseras. Revista Tecnología En Marcha [en línea]. 2016, vol. 29 no. 8. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000900025&lng=en&nrm=iso
ISSN 0379-3982.
20. Castellanos González, Leónides [Et al.]. Caracterización Microbiológica de seis Biopreparados Artesanales. Revista Científica Agroecosistemas [en línea]. 2018, vol. 6, n.o. 3. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/219>
ISSN: 2415-2862
21. Cecilia Girona, José Antonio [et al.]. Capítulo 2: Buenas prácticas en la aplicación agronómica del compost, Uso de composts agroalimentarios en cultivo ecológico de almendro. Compostaje de residuos orgánicos y seguridad medioambiental [en línea]. Autores: López Fernández, Juana; Navarro Gonzales Milagros y Rad Moradillo,

Carlos. España: Universidad de Burgos, servicios de publicaciones, 2011. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4491791>

ISBN: 978-84-92681-49-5.

22. Chaurasia, Anurag [et al.]. Actinomycetes: An Unexplored Microorganisms for Plant Growth Promotion and Biocontrol in Vegetable Crops. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* [en línea]. September 2018, Vol. 34 n.o. 9. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11274-018-2517-5>

23. Costa, Mônica Sarolli Silva de Mendonça [et al.]. Composting as a cleaner strategy to broiler agro-industrial wastes: Selecting carbon source to optimize the process and improve the quality of the final compost. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2016, vol. 142, n.o. 4. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616319205>.

ISSN 0959-6526.

24. Cudjoe Dan, Han, Myat Su y Nandiwardhana, Aditya. Electricity generation using biogas from organic fraction of municipal solid waste generated in provinces of China: Techno-economic and environmental impact analysis. *Fuel Processing Technology* [en línea]. June, 2020, Vol. 203, article 106381. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378382020301521>.

ISSN 0378-3820.

25. Dondajewska, Renata [et al.]. Water quality and phytoplankton structure changes under the influence of effective microorganisms (EM) and barley straw – Lake restoration case study. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2019, vol. 660. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719300786>

ISSN 0048-9697

26. Fan, Yee Van [et al.]. Physico-chemical and biological changes during co-composting of model kitchen waste, rice bran and dried leaves with different microbial inoculants. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* [online]. 2016, Vol. 20 N.o. 6, Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17576/mjas-2016-2006-25>

ISSN 1394-2506

27. Fan, Yee Van [et al.] Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic

- waste composting. Journal of Environmental Management [en línea]. June 2018, vol. 216. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479717303602>
ISSN: 0301-4797
28. Flores-Félix, José Davd et al. Chapter 9 - Future Perspective in Organic Farming Fertilization: Management and Product. Organic Farming [en línea]. Woodhead Publishing, Editor(s): Sarath Chandran, M.R. Unni, Sabu Thomas. 2019, Pages 269-315. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128132722000100>
ISBN 9780128132722.
29. Fondo de Cooperación para el desarrollo social (FONCODES). Producción y uso de abono orgánicos: Biol, compost y humus. Lima, 2014.
30. Gu, Tianbao [et al.] Municipal solid waste incineration in a packed bed: A comprehensive modeling study with experimental validation. Applied Energy [en línea]. August 2019, Vol. 247. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261919306403>.
ISSN 0306-2619
31. Guerrero-Castañeda, R., Lenise do Prado, M. y Ojeda-Vargas, M. Reflexión crítica epistemológica sobre métodos mixtos en Investigación de Enfermería. Enfermería Universitaria [en línea]. 2016, vol. 13, n.o. 4. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-enfermeria-universitaria-400-pdf-S1665706316300422>
32. Hamui Sutton, Alicia. . La pregunta de investigación en los estudios cualitativos. Investigación educ. médica [en línea]. 2016, vol.5, n.17. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572016000100049&lng=es&nrm=iso.
ISSN 2007-5057.
33. Heidarzadeh, M. H., Amani, H., Javadian, B. Improving municipal solid waste compost process by cycle time reduction through inoculation of *Aspergillus niger*. Journal of

Environmental Health Science and Engineering [en línea]. 2019, vol.17. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40201-019-00348-z>

ISSN 2052-336X

34. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6^{ta} ed. México: McGRAW-HILL, 2014. Disponible en: [http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-](http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf)

[edicion.compressed.pdf](http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf)

ISBN: 978-1-4562-2396-0

35. Hou, Ning [et al.]. Role of psychrotrophic bacteria in organic domestic waste composting in cold regions of China. Bioresource Technology [en línea]. July of 2017, vol. 236. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417304480>

ISSN 0960-8524

36. Jusoh, M.L.C., Manaf, L.A. y Latiff, P.A. Composting of rice straw with effective microorganisms (EM) and its influence on compost quality. J Environ Health Sci Engineer [online]. 2013, vol. 10, n.o. 17. Disponible en:

<https://doi.org/10.1186/1735-2746-10-17>

37. Karnchanawong, Somjai y Nissaikla, Siriwan. Effects of microbial inoculation on composting of household organic waste using passive aeration bin. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture [en línea]. 2014, Vol. 3. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/271949953>

38. Kujawa, Sebastian; Mazurkiewicz, Jakub y Czekala, Wojciech. Using convolutional neural networks to classify the maturity of compost based on sewage sludge and rapeseed straw. Journal of Cleaner Production [en línea]. 2020, Vol. 258. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120814>.

ISSN 0959-6526.

39. Kutsanedzie F.; Ofori V. y Diaba K. S. Maturity and Safety of Compost Processed in HV and TW Composting Systems. International Journal of Science, Technology and

Society [online]. 2015, vol. 3, no. 4. Disponible en:
<https://doi:10.11648/j.ijsts.20150304.24>.

ISSN: 2330-7420

40. Kutzner, Hans Jürgen. Chapter 2: Microbiology of Composting. Biotechnology Set [En línea]. Editors: Prof. Dr. H. J. Rehm and Dr. G. Reed, second edition, 2001. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9783527620999.ch2n>

ISBN 9783527620999

41. Laskowska, Ewa, Jarosz, Łukasz y Grądzki, Zbigniew. The effect of feed supplementation with effective microorganisms (EM) on pro- and anti-inflammatory cytokine concentrations in pigs. Research in Veterinary Science [online]. 201, vol. 115. Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S003452881730019X> .

ISSN 0034-5288.

42. Latifah, Omar [Et al.]. Compost maturity and nitrogen availability by co-composting of paddy husk and chicken manure amended with clinoptilolite zeolite. Waste Management & Research [online]. 2015, vol. 33, n.o. 4 Disponible en: <https://doi.org/10.1177/0734242X15576771>

ISSN 25819928

43. Li, Changning [et al.]. Effects of microbial inoculation on enzyme activity, available nitrogen content, and bacterial succession during pig manure composting. Bioresource Technology [en línea]. 2020, vol. 306. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420304387?via%3Dihub>.

ISSN 0960-8524.

44. Li, Huanhuan [et al.]. Effects of external additives: Biochar, bentonite, phosphate, on co-composting for swine manure and corn straw. Chemosphere [en línea]. June 2020, vol. 248. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653520301193>.

ISSN 0045-6535

45. Lopez-Davila, Edelbis [et al.]. Uso de efluente de planta de biogás y microorganismos

eficientes como biofertilizantes en plantas de cebolla (*Allium cepal*, cv. "Caribe-71"). *Cultrop* [en línea]. 2017, vol. 38, n.o.4 Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400005&lng=es&nrm=iso.

ISSN 0258-5936.

46. Luna Feijoo, M. A. y Mesa Reinaldo, J. R. Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista científica Agroecosistemas* [en línea]. 2016, vol. 4, n.o. 2. Disponible en: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/84>

ISSN 2415-2862

47. Manu, M., Kumar, Rakesh, y Garg, Anurag. Performance assessment of improved composting system for food waste with varying aeration and use of microbial inoculum. *Bioresource Technology* [en línea]. 2017, Vol. 234, Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417302936>.

ISSN 0960-8524

48. Medina Lara, M. Socorro [et al.]. Generación de un inoculante acelerador del compostaje. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea]. 2017, Vol. 50. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754117301050>.

ISSN 0325-7541

49. Mudhoo, Acmez [et al.]. An analysis of the versatility and effectiveness of composts for sequestering heavy metal ions, dyes and xenobiotics from soils and aqueous milieus. *Ecotoxicology and Environmental Safety* [online]. 2020, vol. 197, n.o. 110587. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651320304267>.

ISSN 0147-6513.

50. Navia Cuetia, Carlos Andres. Evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Rev. Bio. Agro* [en línea]. 2014, vol.11. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000300019&lng=en&nrm=iso.

ISSN 1692-3561.

51. Ney, Laura [et al.]. Impact of inoculation with local effective microorganisms on soil nitrogen cycling and legume productivity using composted broiler litter. *Applied Soil Ecology* [online]. 2020, vol. 154, n.o. 103567. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929139319302239>.
ISSN 0929-1393.
52. Neklyudov A.D., Dedotov G. y Ivankin A. Intensification of Composting Processes by Aerobic Microorganisms: A Review. *Applied Biochemistry and Microbiology* [online]. 2008, Vol. 44, n.o. 1. Disponible en: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1134/S000368380801002X.pdf>
ISSN 0003-6838
53. Noreña Peña, Ana [et al.]. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. *Revista Aquichan* [en línea]. 2012, vol. 12, n.o. 3. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4322420>
ISSN 1657-5997
54. Onwosi, Chukwudi O. [et al.]. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2017, vol. 190. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716310349>.
ISSN 0301-4797
55. Palao Iturregui, Luis Alfredo. *Microorganismos eficaces en la agricultura ecológica*. Perú: Universidad nacional del altiplano-Puno, 2013.
56. Hernández Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos y Baptista Lucio, María del Pilar. *Metodología de la investigación* [En línea]. 6^{ta} ed. México: McGRAW-HILL, 2014. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
ISBN: 978-1-4562-2396-0
57. Peña Vera, Tania y Pirela Morillo, Johann. *La complejidad del análisis documental*. Información, cultura y sociedad: revista del Instituto de Investigaciones

Bibliotecológicas [en línea]. Junio. 2007, núm. 16. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/2630/263019682004.pdf>

ISSN: 1514-8327.

58. Petric, Ivan; Avdihodžić, Edisa y Ibrić, Nidret. Numerical simulation of composting process for mixture of organic fraction of municipal solid waste and poultry manure. *Ecological Engineering* [online]. 2015, vol. 75. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857414006612>.

ISSN 0925-8574.

59. Pinter Funes, Iván [et al.]. Exhausted Grape Marc and Organic Residues Composting with Polyethylene Cover: Process and Quality Evaluation as Plant Substrate. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2019, vol. 246. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.06.027>.

ISSN 0301-4797.

60. Prakash, Bhanu [et al.]. Chapter 2 - Microbes as a novel source of secondary metabolite products of industrial significance. Editor(s): Ajay Kumar, Amit Kishore Singh, Krishna Kumar Choudhary, *Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology*, Woodhead Publishing, 2019. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128170045000026>. cap.

ISBN 9780128170045.

61. Ramírez Marrache, Karina; Florida Rofner, Nelino y Escobar Mamani, Fortunato. Indicadores químicos y microbiológicos del suelo bajo aplicación de microorganismos eficientes en plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.). *RIIARn* [en línea]. 2019, vol.6, n.o.2. Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182019000200004&lng=es&nrm=iso.

ISSN 2409-1618.

62. Rastogi Mansi, Nandal Meenakshi y Khosla, Babita. Microbes as vital additives for solid waste composting. *Heliyon* [en línea]. 2020, Vol. 6, issue 2. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020301882>

ISSN 2405-8440.

63. Ribeiro, Noelly de Queiroz [et al.]. Microbial additives in the composting process. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2017, vol.41, n.o. 2. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542017000200159&lng=en&nrm=iso.
ISSN 1981-1829. .
64. Román, Pilar, Martínez, María y Pantoja, Alberto. Manual de compostaje del agricultor: Experiencias en América Latina. [en línea]. FAO, 2013. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf> ISBN 978-92-5-307844-8.
E-ISBN 978-92-5-307845-5
65. Romero López, Teresita de Jesús y Vargas Mato, Dabiel. Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Revista Riha* [en línea]. 2017, vol.38, n.o. 3. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382017000300008&lng=es&nrm=iso.
ISSN 1680-0338.
66. Safwat, M. Safwat. Performance of moving bed biofilm reactor using effective microorganisms. *Journal of Cleaner Production* [online]. 2018, vol. 185. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306929>.
ISSN 0959-6526.
67. Salama, Youssef [et al.]. A Review of Compost Produced from Biological Wastes: Sugarcane Industry Waste. *International Journal of Food Science and Biotechnology* [en línea]. 2016, vol. 1, n.o. 1. Disponible en: <http://www.sciencepg.org/journal/paperinfo?journalid=614&doi=10.11648/j.ijfsb.20160101.14>
68. Sharma, Anamika [et al.]. Insights into rapid composting of paddy straw augmented with efficient microorganism consortium. *Int J Recycl Org Waste Agricult* [online]. 2014, vol. 3, n.o. 54. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0054-2>
69. Sharma, Anamika [et al.]. Efficient Microorganism Compost Benefits Plant Growth and Improves Soil Health in Calendula and Marigold. *Horticultural Plant Journal* [en línea]. 2017, Vol. 3. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468014117301711>

ISSN 2468-0141

70. Sánchez, J. Óscar, Ospina, A. Diego, y Montoya, Sandra. Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. Waste Management [en línea]. 2017, Vol. 69. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17305846>

ISSN 0956-053X

71. Sarkar, Sutripta, Pal, Subrata y Chanda, Sunanda. Optimization of a Vegetable Waste Composting Process with a Significant Thermophilic Phase. Procedia Environmental Sciences [en línea]. 2016, Vol. 35. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616301153>.

ISSN 1878-0296

72. Singh, Vaishali y Das, Debabrata. Chapter 3 - Potential of Hydrogen Production From Biomass. Editor(s): Paulo Emilio V. de Miranda. Science and Engineering of Hydrogen-Based Energy Technologie. Academic Press. 2019. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128142516000034>.

ISBN 9780128142516.

73. Siti Aminah Ab Muttalib, Sharifah Norkhadajah Syed Ismail y Sarva Mangala Praveena. Application of Effective Microorganism (EM) in Food Waste Composting: A review. Asia Pacific Environmental and Occupational Health Journal [online]. 2016, vol. 2. n.o. 1. Disponible en: <http://apeohjournal.org/index.php/v/article/view/17>.

ISSN 2462-2214

74. Sowani, H. [Et al.]. Chapter 7 - Gordonia and Related Genera as Opportunistic Human Pathogens Causing Infections of Skin, Soft Tissues, and Bones. Editor(s): Kateryna Kon, Mahendra Rai. In Clinical Microbiology: Diagnosis, Treatments and Prophylaxis of Infections, The Microbiology of Skin, Soft Tissue, Bone and Joint Infections, Academic Press, Volume 2, 2017. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128110799000070>.

ISSN 24519006.

75. Su, Pin [et al.]. Photosynthetic Bacterium Rhodospseudomonas Palustris GJ-22 Induces Systemic Resistance against Viruses. Microbial Biotechnology [en línea],

- 2017, Vol 10, n.o. 3. Disponible en:
<https://sfamjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1751-7915.12704>.
76. Sudharsan Varma, V. y Kalamdhad A. Evolution of chemical and biological characterization during thermophilic composting of vegetable waste using rotary drum composter. *International Journal of Environmental Science and Technology* [online]. 2015, vol. 12, n.o. 6. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13762-014-0582-3>.
77. Talaat, Neveen B. [et al.]. Effective microorganisms improve growth performance, alter nutrients acquisition and induce compatible solutes accumulation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants subjected to salinity stress. *Plant Growth Regulation* [online]. 2015, vol. 15. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10725-014-9952-6>.
78. Talaat, Neveen B. Effective microorganisms: An innovative tool for inducing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) salt-tolerance by regulating photosynthetic rate and endogenous phytohormones production. *Scientia Horticulturae* [online]. 2019, vol. 250. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423819301311>.
ISSN 0304-4238.
79. Tang, Jiahuan [et al.]. Electric field induces electron flow to simultaneously enhance the maturity of aerobic composting and mitigate greenhouse gas emissions. *Bioresource Technology* [online]. 2019, vol. 279. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419301737>.
ISSN 0960-8524,
80. Tanya Morocho, Mariuxi y Leiva-mora, Michel. Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Ctro. Agr.* [en línea]. 2019, vol.46, n.o.2. Disponible en:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093&lng=es&nrm=iso.
ISSN 2072-2001
81. Varela Ruiz, Margarita y Vives Varela, Tania. Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en Educación Médica* [en línea]. 2016, vol. 5 n.o. 19. Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505716300072>.

ISSN 2007-5057.

82. Voběrková, Stanislava [et al.]. Effect of inoculation with white-rot fungi and fungal consortium on the composting efficiency of municipal solid waste. Waste Management [online]. 2017, vol. 61. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16307760>.

ISSN 0956-053X

83. Villacís-Aldaz, Luis Alfredo [et al.]. Compatibility and survival of beneficial microorganisms for agricultural use (*Beauveria bassiana*, *Paecilomyces lilacinus* and *Bacillus thuringiensis*) in compost. J. Selva Andina Biosph. [en línea]. 2016, vol. 4, n. o. 2. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200006&lng=es&nrm=iso

ISSN 2308-3859.

84. Vurukonda, Sai Shiva Krishna Prasad; Giovanardi, Davide y Stefani Emilio. Plant Growth Promoting and Biocontrol Activity of *Streptomyces* Spp. As Endophytes. International Journal of Molecular Sciences [en línea]. 2018, vol. 19, n.o. 4. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms19040952>

85. Wang, Hai B. [et al.]. Evaluation of microbially enhanced composting of *sophora flavescens* residues. Journal of Environmental Science and Health, Part B [online]. 2016, Vol. 51, n.o.2. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03601234.2015.1080503>

86. Wang, Jiaqin [et al.]. Effect of microbial inoculation on physicochemical properties and bacterial community structure of citrus peel composting. Bioresource Technology [en línea]. 2019, Vol. 291. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419310739>

ISSN 0960-8524,

87. Wang, Quan [et al.]. Evaluation of medical stone amendment for the reduction of nitrogen loss and bioavailability of heavy metals during pig manure composting. Bioresource Technology [online]. 2016, vol. 220. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852416312093>.

ISSN 0960-8524.

88. Williams, Lewis; Stapleton, Fiona y Carnt, Nicole. Chapter 4- Microbiology, Lens Care and Maintenance, Editor(s): Anthony J. Phillips, Lynne Speedwell. Contact Lenses (Sixth Edition), Elsevier, 2019. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780702071683000040>. ISBN 9780702071683.
89. Yáñez Yáñez, Wilfrido et al. Efectos de un compost enriquecido con microorganismos eficientes sobre la germinación de semillas recalcitrantes de *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg y *Theobroma cacao* L. J. Selva Andina Biosph. [en línea]. 2016, vol. 4, n.o. 2. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592016000200007&lng=es&nrm=iso.
ISSN 2308-3859.
90. Yang, Zhong [et al.]. Assessing the Impact of Wood Decay Fungi on the Modulus of Elasticity of Slash Pine (*Pinus Elliottii*) by Stress Wave Non-Destructive Testing. International Biodeterioration and Biodegradation [en línea]. February, 2017, Vol. 117. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964830516308423>
ISSN 0964-8305.
91. Ye, Shujing [et al.]. The effects of activated biochar addition on remediation efficiency of co-composting with contaminated wetland soil. Resources, Conservation and Recycling [online]. 2019, vol. 140. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344918303690>
ISSN 0921-3449,
92. Zhang, Jining [et al.]. Straw biochar hastens organic matter degradation and produces nutrient-rich compost. Bioresource Technology [en línea]. 2016, vol. 200. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.016>.
ISSN 0960-8524
93. Zhang, Lu y Sun, Xiangyan. Influence of bulking agents on physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage composting of green waste. Waste

Management [online]. 2016, vol. 48. Disponible en:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15302166>.

ISSN 0956-053X,

94. Zhang, Zhenhua [et al.]. Evaluation of aerobic co-composting of penicillin fermentation fungi residue with pig manure on penicillin degradation, microbial population dynamics and composting maturity. *Bioresource Technology* [en línea]. December 2015, vol. 198. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852415012730>

ISSN 0960-8524.

95. Zhong Zheke, Bian Fangyuan, y Zhang Xiaoping. "Testing Composted Bamboo Residues with and without Added Effective Microorganisms as a Renewable Alternative to Peat in Horticultural Production." *Industrial Crops and Products* [en línea]. 2018, vol. 112. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017308750>

ISSN: 0926-6690.

96. Zhao, Yi [et al.]. "Effect of Thermo-Tolerant Actinomycetes Inoculation on Cellulose Degradation and the Formation of Humic Substances during Composting." *Waste Management* [en línea]. 2017, vol. 68. Disponible en:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17304634>.

ISSN 0956-053X.

ANEXOS

Anexo N°1 Tabla de técnicas e instrumentos de recolección de datos.

| | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|
| Título | | | |
| Autor (es) | | | |
| Objetivos | | | |
| Tipo de documento | | | |
| Nombre de revista u editorial. | | | |
| Características de los microorganismos eficientes. | Obtención o activación de los microorganismos. | Dosis usada en cada pila o tratamiento. | Influencia en el tiempo de proceso. |
| | | | |
| Preparación del compost. | | | |
| Pilas o tratamientos aplicados. | Con microorganismos eficientes | Sin microorganismos eficientes. | |
| Tiempo de compostaje. | | | |
| Calidad del compost maduro. | | | |

Elaboración Propia.

Anexo N° 2 Influencia de los microorganismos eficientes en el compostaje.

| AUTOR | MICROORGANISMO USADO | TRATAMIENTOS | TEMPERATURA | INFLUENCIA EN LA FASE TERMÓFILA | TIEMPO DE COMPOSTAJE | PARAMETROS ESTUDIADOS | INFLUENCIA EN LA CALIDAD |
|-----------------------------|--|--|---|---|---|--|---|
| Apaza, et al. (2015) | Microorganismos de Yogurt, suero de leche y Levadura. | T1 (Hoja de coca + 2L de Yogurt T2 (Hoja de coca + 2LSuero de leche), T3 (Hoja de coca + 500 mg de Levadura) y T4 (Hoja de coca +Agua). | La temperatura se midió cada 7 días y varía dependiendo del material que se utiliza. El T3, alcanzó una temperatura máxima de 58°C en la fase termófila. | El T3 llegó a la fase termófila mucho más rápido a diferencia de los demás tratamientos (en aproximadamente 8 días). | El tiempo de compostaje se reduce de 7 meses a 3.5 meses. El T3, duro 105 días. | pH, Conductividad Eléctrica, %Materia Orgánica, %Fosforó, % Potasio, %Nitrógeno. | No influyen significativamente, importante mencionar que los valores de los nutrientes son altos en los tratamientos con microorganismos. |
| Álvarez et al. (2019). | Se usaron inóculos de la planta de col (<i>Brassica oleracea</i>) y de la hierba luisa (<i>Cymbopogon citratus</i>). | T1: Compost + <i>Brassica oleracea</i> T2: Compost + <i>Cymbopogon citratus</i> T3: Tratamiento testigo. | A partir de la semana 3 se alcanzó la temperatura máxima mayor a 50°C en el tratamiento T1. | No indica la fase. | El compostaje se dio durante 13 semanas (91 días aprox.) para todos los tratamientos | pH, %Humedad, %Materia orgánica, %Nitrógeno, fosforo y potasio. | El compost con microorganismos influye en la calidad del compost. |
| Fan, et al. (2018) | Se inocularon 1.2 L de EM | TC: Control T1: Compost + EM | El tratamiento T1 alcanzó la temperatura máxima en alrededor de 50°C en la fase termófila. | El compost con EM experimentó un período prolongado (8 d.) comparado con el control (3 d.). La fase se alcanzó a los 5 días | El compostaje culminó a los 60 días en ambos tratamientos. | pH, relación C/N, Conductividad eléctrica. | La presencia de microorganismos no es significativo. |
| Heidarzadeh, et al. (2019). | <i>Aspergillus niger</i> . | Biorreactor A: Compost + inóculo Biorreactor B: compost viejo + inóculo Biorreactor C: Control. | Se observó una temperatura máximo de 59 °C en el reactor B y 49 °C en C y 45,5 °C en A. | La fase termófila fue alcanzada a los 4 días iniciados el proceso. | El proceso de compostaje duro 25 días, pero es importante que a los 18 días no se dio cambios importantes | Relación C/N, %Humedad, Conductividad eléctrica | La presencia del <i>Aspergillus</i> mejora la calidad del compost. |
| Ribeiro, et al. (2017) | Se usaron cepas de <i>Bacillus cereus</i> y <i>Bacillus megaterium</i> . | T1: Compost + <i>B. cereus</i> T2: Compost + <i>B. megaterium</i> T3: Compost + <i>B. cereus</i> + <i>B. megaterium</i> T4: control | T1 alcanzó la temperatura máxima de 66.1 °C entre el quinto y noveno día empezado el compostaje. | Se encontró que la fase termófila se alcanzó entre el quinto y noveno día de compostaje para T1. | El proceso duro 110 días para todos. | pH y %Nitrógeno | No indica nada. |

| | | | | | | | |
|------------------------------|--|--|---|---|--|--|--|
| Hou, <i>et al.</i> (2017). | Se inocularon 12 cepas. | T1: Control T2: Compost + Cepas. | El tratamiento con microorganismos alcanzó una temperatura máxima 60.3 °C en 24 días a diferencia de la de control que alcanzó 40.1 °C en 25 días. | En el tratamiento con microorganismos la fase termófila fue alcanzada a los 17 días iniciados el proceso. | A los 42 días término el tiempo de compostaje para ambas operaciones | pH, %Humedad, Conductividad eléctrica, Relación C/N. | Los parámetros de compostaje alcanzaron mejor estándar de madurez en el tratamiento con microorganismos. |
| Medina et al. (2017) | Se extrajo inóculos a a los 18, 23, 28, 33 y 38 días que inicio el proceso. | TC (control) = paja (P) + estiércol de ovino (E), T1=P+E+ D18 T2=P + E + D23, T3=P + E + D28, T4=P + E + D33 y T5= P + E + D38 | La temperatura se mantuvo a los 30°C en todo el tratamiento. | No indica la fase. | La degradación se dio en un lapso 9 a 12 días iniciado el proceso. | %Materia orgánica, %Carbono, %Nitrógeno, Relación C/N, conductividad eléctrica y pH. | El tratamiento con inóculo de la última fase, mostró las mejores características finales respecto de los demás tratamientos. |
| Wang et al. 2019 | El inoculante fue una mezcla de varias bacterias que se a partir de compost de cascara de cítrico. | CK: Compost control T1: 40kg de compost + 3% inóculo (escala laboratorio) T2: 20 toneladas de compostaje + 3% inóculo (escala piloto). | La temperatura de la pila de T1 y T2 aumentó rápidamente en 55 °C en los primeros 2 días. La temperatura máxima en el T2 fue más alta en la fase termófila. | La etapa termofílica de T1 y T2 duró 5 y 25 días. | El período de compostaje fue de 35 días, pero la CK se echó a perder en los primeros 7 días. | %Humedad, relación C/N, %Materia orgánica | No indica nada. |
| Sharma et al. (2014). | Se usaron inoculante de compost (CI) y EM. | T1: Paja sola. T2: Arroz con paja + caída de aves (compost). T3: Compost + CI T4: Compost + EM T5: Compost + CI + EM. | La temperatura máxima 50°C se alcanzó a los 10 días, disminuyendo a una de ambiente luego de 30 días. | No indica la fase. | El período de compostaje fue de alrededor de 90 días. | %Carbono, %Nitrógeno, Relación C:N, conductividad eléctrica. | Los microorganismos influyen en la calidad del compost final. |
| Zhong, Bian y Zhang. (2018). | Se usó 10% de EM activados en 20% de agua en cada pila | T1: Compost + EM. T2: Compost sin EM. | La temperatura máxima en la fase termófila para el tratamiento con EM fue de 62.8°C. | El tratamiento con EM alcanzó la fase termófila en 18 días durante 38 días, a diferencia del tratamiento sin EM que duro 30 días. | Todas las pilas se compostaron durante 60 días | pH, Relación C/N, Conductividad eléctrica, %fosforó, %Potasio, %Ca, %Mg. | No influyen significativamente los residuos de bambú se puede compostar con éxito con o sin el uso de EM. |

| | | | | | | | |
|-------------------------------------|--|---|--|--|---|---|---|
| Zhao, Y, et al. (2017) | Se usaron Actinomicetos termofílicos celulolíticos | TCK: Control T1: Se agregó inóculo día 0 a 35°C T2: Se agregó inóculo día 6 a 55°C T3: Se agregó inóculo igual que T3 pero a las 45h T4: Se agregó inóculo día 0, 6, y 15 al 2%. | No indica nada. | No indica nada. | El tiempo total de compostaje fue de 60 días para todos. | %Materia orgánica. Relación C/N. | Influye en la degradación de materia orgánica. |
| Karnchanawong, y Nissaiakla (2014). | Se usaron dos inóculos: EM y LDD1 (hongos, actinomicetos y bacterias productoras de lipasa). | T1: Control T2: Compost + EM T3: Compost + LDD1 T4: Compost+ MC al 2% T5: Compost+ MC al 5%. | T4 tuvo una temperatura máxima de 49.9 °C. | La fase termófila duro solo unos días por la pérdida de calor, por tal no se asegura la higienización. | El proceso se llevó a cabo en 154 días. | pH, Conductividad eléctrica, Humedad (%), Relación C/N y %Nitrogeno | No es necesario el uso de microorganismos, debido a la ligera mejora en la calidad. |
| Fan et al. (2016). | Microorganismos eficientes (EM), Tempeh y Tapai. | T1: Compost+ Tempeh. T2: Compost+ Tapai. T3: Compost + 0.6L tempeh + 0.6L Tapai. T4: Compost + EM. T5: Compost control + 1.2L de agua destilada. | T1 y T4 alcanzaron una máxima temperatura de 52 °C. | La fase termófila se prolongó en 8 días. | El proceso de compostaje duro alrededor de 60 días. | pH y Relación C/N. | El uso de microorganismos no influye en la calidad. |
| Villacíz et al. (2016) | Se usó <i>Beauveria bassiana</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i> y <i>Paecilomyces lilacinus</i> | T1: Compost + 100cm ³ de BB, BT y PL T2: Compost + 50cm ³ de BB+ 100cm ³ de BT y PL T3: Compost + 50cm ³ de BB y BT +100cm ³ PL T4: Compost + 100 cm ³ de BB y BT + 50 cm ³ PL. | No indica nada. | No indica nada. | El proceso duro 60 días. | %Materia orgánica, %Nitrógeno, Conductividad eléctrica, pH, %Fósforo, %Potasio. | Los microorganismos influyen en la calidad del compost maduro, ya que también mejoran el contenido de nutrientes. |
| Camacho et al. (2014). | Se usaron las cepas: <i>S. Albogriseolus</i> (ENCB 70) y <i>S. Tendae</i> (ENCB 77) y 1 hongo filamentosos (<i>Aspergillus fumigatus</i>). | T1: Sustrato estéril sin inocular; T2: sustrato estéril inoculado; T3: sustrato no estéril sin inocular y T4: sustrato no estéril inoculado | Los tratamientos con microorganismos alcanzaron una temperatura de 55°C. | La fase termófila fue alcanzada a los tres días iniciados el proceso. | El proceso de compostaje para todas las pilas fue de 70 días. | Relación C/N y %Nitrógeno | Los microorganismos influyen en la relación C/N. |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|---|
| Jusoh, Manaf y Latiff (2013). | Se usaron Microorganismos eficientes (EM). | T1: Compost + EM T2: Compost sin EM | El compost con EM alcanzó una temperatura de 58.2°C a los diez días comparado con el sin EM que alcanzó los 56.2 en el día once. | La fase termofílica duró 23 días para el tratamiento con EM. | El proceso de compostaje duro 90 días. | Relación C/N y %Nitrógeno %Fosforo %Potasio. | La presencia de microorganismos eficientes si influye en el proceso de compostaje. |
| Wang et al. (2015). | Se usaron: Bacillus subtilis G-13 Chaetomium thermophilum GF-1 | T1: Control T2: Compost + Inóculos. | A los dos días se alcanzó los 57°C. | La fase termófila se alcanzó a los dos días y se mantuvo por 6 días después. | El proceso de compostaje duro 60 días. | Relación C/N y pH. | La presencia de microorganismos eficientes si influye en la relación C/N en el proceso de compostaje. |

Fuente: Elaboración propia.