



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN
COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, CASO DE ESTUDIO:
CDLA. LAGUNA DEL SOL Y PLANTA DE COMPOSTAJE DEL
VALLE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: JORGE LEOPOLDO PAUTA RIERA

DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ÁLVAREZ VERA PhD.

CUENCA - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS EN
COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS, CASO DE ESTUDIO:
CDLA. LAGUNA DEL SOL Y PLANTA DE COMPOSTAJE DEL
VALLE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: JORGE LEOPOLDO PAUTA RIERA

DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ÁLVAREZ VERA PhD.

CUENCA - ECUADOR

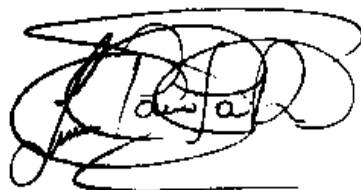
2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Jorge Leopoldo Pauta Riera portador de la cédula de ciudadanía N° **0105757652**. Declaro ser el autor de la obra: “**Aplicación de microorganismos benéficos en compostaje de residuos orgánicos, caso de estudio: Cdla. Laguna del Sol y planta de compostaje del Valle**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 04 de mayo de 2022



F:

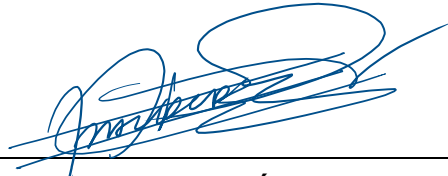
Jorge Leopoldo Pauta Riera

0105757652

www.ucacue.edu.ec

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Leopoldo Pauta Riera, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Manuel Salvador Álvarez Vera', is written over a horizontal line.

Ing. Manuel Salvador Álvarez Vera PhD.

DIRECTOR

DEDICATORIA

A mis padres y hermanas que han sido pilar fundamental, brindándome apoyo incondicional en el trascurso de mi vida y carrera, y a toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser quien me brindo la sapiencia y sabiduría para cumplir otra meta anhelada.

A mi padre Leopoldo Pauta quien me apoyó, aconsejó y guío durante toda mi vida en especial en la universitaria, a mi madre Lourdes Riera y hermanas por brindarme su apoyo incondicional.

Agradezco al Dr. Manuel Álvarez, Ing. Jorge Castillo y al Dr. Diego Morales por compartir sus conocimientos y contribuir en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de los microorganismos benéficos en compostaje de residuos orgánicos, en la planta de compostaje de la EMAC EP. El estudio se ejecutó en dos fases: i) de laboratorio, elaboración de la sustancia madre a partir de la planta de col (*Brassica oleracea*) y activación del consorcio microbiano y, ii) de campo, inoculación microbiana semanal al 5% en un lapso de 16 semanas en pilas de compost construidas con materia orgánica del mercado de la Feria Libre y de la Cdla Laguna del Sol. Se empleó el diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos, en las pilas de compostaje de los tratamientos T1 y T3 no se inoculó carga microbiana, mientras que en las pilas de los tratamientos T2 y T4 si se agregó 1000 ml de biopreparado con microorganismos benéficos. En el análisis de laboratorio se determinó los parámetros bioquímicos y microbiológicos, se evidenció que la inoculación de microorganismos benéficos acelera la degradación de materia orgánica ya que el ácido húmico de los tratamientos T2 y T4 son superiores a T1 y T3. Se registró la temperatura durante la elaboración de compost, se muestran datos similares en todos los tratamientos. Las pilas inoculadas con consorcios microbianos presentaron una mayor concentración de microorganismos como: *Actinomyces sp.*, *Bacillus cereus*, *Rhizopus sp.*, *Paecilomyces variotii*, en relación con los otros tratamientos. Los microorganismos benéficos aceleran el proceso de compostaje y reducen el tiempo, es una alternativa viable, amigable con el ambiente para tratar los residuos orgánicos.

Palabras clave: ambiente, consorcios microbianos, contaminación, Emac

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of beneficial microorganisms in organic waste composting at the EMAC EP composting plant. The study was carried out in two phases: i) laboratory, preparation of the mother substance from the cabbage plant (*Brassica oleracea*) and activation of the microbial consortium and, ii) field, weekly microbial inoculation at 5% over 16 weeks in compost piles constructed with organic matter from the Feria Libre market and the Laguna del Sol neighborhood. A completely randomized experimental design with 4 treatments was used, in the compost piles of treatments T1 and T3, no microbial load was inoculated, while in the piles of treatments T2 and T4 1000 ml of bio preparation with beneficial microorganisms was added. In the laboratory analysis, the biochemical and microbiological parameters were determined, and it was shown that the inoculation of beneficial microorganisms accelerated the degradation of organic matter, since the humic acid of treatments T2 and T4 was higher than that of T1 and T3. The temperature during composting was recorded, showing similar data in all treatments. The piles inoculated with microbial consortia presented a higher concentration of microorganisms such as *Actinomyces* sp., *Bacillus cereus*, *Rhizopus* sp., *Paecilomyces variotii*, about the other treatments. Beneficial microorganisms accelerate the composting process and reduce time, it is a viable and environmentally friendly alternative to treat organic wastes.

Keywords: environment, microbial consortia, contamination, Emac

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE ANEXOS	XI
CAPÍTULO I	- 1 -
1.1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.2. OBJETIVOS	- 3 -
1.2.1. GENERAL	- 3 -
1.2.2. ESPECÍFICOS	- 3 -
CAPÍTULO II	- 4 -
2. MARCO TEORICO	- 4 -
2.1. RESIDUOS SÓLIDOS	- 4 -
2.1.1. <i>Residuo sólido urbano.</i>	- 4 -
2.1.2. <i>Residuo sólido domiciliario.</i>	- 4 -
2.1.3. <i>Residuos orgánicos.</i>	- 4 -
2.2. EL COMPOST.	- 5 -
2.3. EL COMPOSTAJE.	- 5 -
2.3.1. <i>Tipos de sistemas de compostaje.</i>	- 5 -
2.3.2. <i>Pilas con volteo.</i>	- 7 -
2.3.3. <i>Ventajas de uso de compost.</i>	- 7 -
2.3.4. <i>Calidad de compost.</i>	- 8 -
2.3.5. <i>Fases del proceso de compostaje.</i>	- 9 -
2.3.6. <i>Parámetros que condicionan el proceso de compostaje.</i>	- 10 -
2.4. MICROORGANISMOS BENÉFICOS	- 14 -
2.4.1. <i>Funciones de los microorganismos benéficos.</i>	- 14 -
2.4.2. <i>Tipo de microorganismos benéficos.</i>	- 15 -
2.5. MICROORGANISMOS EFICIENTES	- 15 -
2.5.1. <i>Tecnología de los microorganismos eficientes.</i>	- 15 -
2.5.2. <i>Tipos y uso de microorganismos eficientes</i>	- 15 -
2.5.3. <i>Activación de microorganismos eficientes.</i>	- 16 -
2.5.4. <i>Inoculación de Microorganismos Eficientes en la compostera.</i>	- 16 -
2.6. EMPRESA MUNICIPAL DE ASEO PÚBLICO	- 17 -
CAPÍTULO III	- 18 -
3. MATERIALES Y MÉTODOS	- 18 -
3.1. ZONA DE ESTUDIO	- 18 -
3.1.1. <i>Ubicación.</i>	- 18 -
3.1.2. <i>Limites.</i>	- 18 -

3.1.3.	<i>Accesibilidad.</i>	_____	- 19 -
3.1.4.	<i>Características climáticas.</i>	_____	- 19 -
3.1.5.	<i>Fase pre-campo.</i>	_____	- 19 -
3.1.6.	<i>Fase de campo.</i>	_____	- 22 -
CAPÍTULO IV			- 28 -
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	_____	- 28 -
4.1.	VARIABLES DE MEDICIÓN EN COMPOST	_____	- 28 -
4.1.1.	<i>Obtención del compost</i>	_____	- 28 -
4.1.2.	<i>Temperaturas</i>	_____	- 29 -
4.2.	ANÁLISIS DEL COMPOST	_____	- 30 -
4.2.1.	<i>Características químicas del compost</i>	_____	- 30 -
4.2.2.	<i>Características biológico del compost</i>	_____	- 36 -
4.2.3.	<i>Extrapolación de datos de producción de compost a nivel de ciudad.</i>	_____	- 38 -
CAPÍTULO V			- 40 -
5.	CONCLUSIONES	_____	- 40 -
CAPÍTULO VI			- 41 -
6.	RECOMENDACIONES	_____	- 41 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS			- 42 -

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Fases y temperatura del compostaje</i>	- 10 -
<i>Figura 2: Mapa de ubicación de la parroquia El Valle</i>	- 18 -
<i>Figura 3: Diseño de las unidades experimentales de compost</i>	- 20 -
<i>Figura 4: Muestra vegetal de col para preparación de biopreparado</i>	- 21 -
<i>Figura 5: Registro del peso de hígado para la preparación de solución madre</i>	- 22 -
<i>Figura 6: Sal para la activación de microorganismos</i>	- 22 -
<i>Figura 7: Muestra de melaza y agua para elaboración de microorganismos</i>	- 22 -
<i>Figura 8: Estado de las muestras 4 días después preparada la sustancia</i>	- 23 -
<i>Figura 9: Activación de microorganismos benéficos</i>	- 23 -
<i>Figura 10: Capa de color blanco sobre biopreparado</i>	- 24 -
<i>Figura 11: Medición de temperatura en el centro de la pila de compost</i>	- 25 -
<i>Figura 12: Aplicación de microorganismos benéficos</i>	- 26 -
<i>Figura 13: Volteo de pilas de compostaje</i>	- 26 -
<i>Figura 14: Cosecha y tamizador industrial</i>	- 27 -
<i>Figura 15: Rendimiento de compost de los tratamientos</i>	- 28 -
<i>Figura 16: Temperaturas en el centro de las pilas</i>	- 30 -
<i>Figura 17: Porcentaje de macro y micro nutrientes presentes en el compost final</i>	- 31 -
<i>Figura 18: Concentración de micro elementos presentes en el compost final</i>	- 32 -
<i>Figura 19: Ácido presentes en el compost</i>	- 33 -
<i>Figura 20: Porcentaje de concentración de material orgánico en el compost</i>	- 33 -
<i>Figura 21: pH en los tratamientos de compost</i>	- 34 -
<i>Figura 22: Conductividad eléctrica de los tratamientos de compost</i>	- 35 -
<i>Figura 23: Concentración de microorganismos en los tratamientos</i>	- 37 -

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Sistemas de compostajes</i>	- 6 -
<i>Tabla 2: Parámetros de calidad para compost final</i>	- 9 -
<i>Tabla 3: Relación C/N de materiales orgánicos</i>	- 12 -
<i>Tabla 4: Relación C/N de residuos orgánicos</i>	- 13 -
<i>Tabla 5: Tratamiento para las pilas de compostaje</i>	- 21 -
<i>Tabla 6: Concentraciones de los ingredientes para preparar la solución madre de microorganismos benéficos</i>	- 21 -
<i>Tabla 7: Componentes y cantidades para la activación de microorganismos benéficos</i>	- 24 -
<i>Tabla 8: Concentración de los componentes para la activación de microorganismos benéficos</i>	- 24 -
<i>Tabla 9: Rendimiento del compost y reducción de masa en cada tratamiento.</i>	- 28 -
<i>Tabla 10: Temperatura de las pilas</i>	- 29 -
<i>Tabla 11: Concentraciones de micro y macro nutrientes presentes en el compost</i>	- 30 -
<i>Tabla 12: Ácidos presentes en el compost</i>	- 32 -
<i>Tabla 13: Microorganismos en los tratamientos</i>	- 36 -
<i>Tabla 14: Rendimiento del compost</i>	- 38 -
<i>Tabla 15: Eficiencia del compost</i>	- 38 -
<i>Tabla 16: Producción de compost anual</i>	- 39 -

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: *Análisis físico- químico de los tratamientos de compost* _____ - 46 -

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento poblacional señala Yanzán-Rosero (2013) ha sido causa para el continuo incremento en la cantidad de residuos sólidos orgánicos, lo que produce una severa contaminación ambiental. Aproximadamente el 35% de residuos generados en el planeta son almacenados en vertederos clandestinos, en la actualidad más de la mitad de la población mundial no posee acceso a la recolección de residuos sólidos (Grupo Banco Mundial, 2016).

Actualmente el mundo genera aproximadamente 1300 millones de toneladas de residuos cada año, de los cuales 160 millones de toneladas pertenecen a América Latina y el Caribe; Ecuador aporta 4,1 millones de toneladas (Vallejo-Guerra, 2017). Cuenca, acorde datos de la EMAC EP es una de las ciudades con más desperdicios generados al día con 521 toneladas de residuos vertidos en el relleno sanitario de Pichacay.

Hoy en día la materia orgánica se desaprovecha y es enviada al relleno sanitario de Pichacay de la ciudad de Cuenca (CONGOPE, 2009). De la parte que recibe algún tratamiento sólo el 25%, es utilizada para la producción de compost, la generación per cápita de residuos orgánicos varía conforme cada habitante y si estos residuos no son tratados de manera correcta puede ser una de las causas de diversos gases peligrosos entre ellos los de efecto invernadero, considerando un motivo de preocupación para la sociedad (Plaza-Patiño 2018).

La falta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos que enfrenta la EMAC EP y el constante crecimiento de producción de materia orgánica ha sido una de las principales causas para que la vida útil del relleno sanitario se vea afectado, por lo que desde el 2009 se estableció una zona adecuada para el tratamiento de los restos orgánicos (CONGOPE, 2009).

Carabacho-Ucho & Marca-Paucar (2017) en un esfuerzo por aumentar la cantidad de materia orgánica a reciclar, EMAC EP expresó interés en ampliar la capacidad de tratamiento de la planta de compostaje existente de 25 a 50 toneladas/día, sin embargo EMAC EP (2019) antes de emprender esta iniciativa analizará si dicho crecimiento tendrá un impacto positivo en la empresa y la sociedad, con el fin de tomar las decisiones correctas con la menor incertidumbre porque a efectos ambientales, tendrá resultados positivos, mientras que a efectos económicos, se considerará un análisis futuro.

Los residuos orgánicos son la base para el origen de la vida microbiana; por eso, el proceso de compostaje de materia orgánica se considera un bien importante y de mucho valor, debido a que se transforma en una sustancia parecida al humus siendo amigable para el ambiente evitando la contaminación por residuos orgánicos domésticos (Naranjo, 2015).

El presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto de los microorganismos benéficos en compostaje de residuos orgánicos, comparando la calidad del compost con consorcios microbianos y sin consorcios microbianos, registrar pesos al inicio y fin para establecer la

transformación de residuos orgánicos y extrapolar datos de transformación de materia con el fin de conocer si la investigación es factible a nivel de ciudad.

Los microorganismos benéficos aceleran el proceso de compostaje, reduce el tiempo para la obtención del producto final y se consigue un compost a la mitad de tiempo de lo que tarda el método tradicional, puesto que se evidencio en esta investigación y concordando con los estudios de Soriano (2016) y Naranjo (2015), siendo una alternativa viable y amigable con el ambiente para tratar los residuos orgánicos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

- Evaluar el efecto de los microorganismos benéficos en compostaje de residuos orgánicos, en la planta de compostaje de la EMAC EP que recibe residuos orgánicos de la ciudadela Laguna del Sol y del mercado Feria Libre.

1.2.2. Específicos

- Comparar la calidad de compost (nutrientes, carga biológica, pH, conductividad eléctrica) obtenido con microorganismos benéficos aislados de la zona, mediante pruebas de campo.
- Establecer el porcentaje de transformación de los residuos orgánicos en compost mediante registro de pesos al inicio y fin de proceso con la aplicación de ambos tratamientos.
- Extrapolar datos con el fin de mostrar resultados de la factibilidad del estudio para aplicar en los residuos orgánicos de la ciudad de Cuenca.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Residuos sólidos

Los residuos sólidos son productos, subproductos o sustancias que se encuentran en estado sólidos o semisólido y están destinados a ser desechados (Soriano, 2016), entre ellos se localizan residuos altamente peligrosos para el ecosistema, ya que muchos de éstos generan un impacto negativo y prolongado, que en varios casos viene determinado por las propiedades químicas y físicas de los residuos (Yañez et al., 2007).

Se considera residuos sólidos a materiales inorgánicos y orgánicos (descompuestos o no) que se desarrollan en la comunidad y son derivados de actividades industriales, domésticas y comerciales (Coronel, 2020).

La definición de residuo sólido son todos los componentes que no son utilizados y posteriormente rechazados, estos residuos incluyen diversos materiales no inflamables como: metal, vidrio, etc. he inflamables como: plástico, papel, textiles, madera, etc. (Bustos, 2010).

2.1.1. Residuo sólido urbano.

Los residuos sólidos urbanos son todos los desechos que genera una comunidad o un grupo humano, exceptuando los desechos industriales y desechos agrícolas, normalmente estos desechos son: de casas, instituciones, negocios, escuelas, estos en su gran mayoría no poseen sustancias masivas tóxicas, pero en algunos casos si, como los aerosoles, insecticidas, productos de limpieza, etc. (Jiménez, 2017).

2.1.2. Residuo sólido domiciliario.

Se considera residuo solido domiciliario a los elementos, sustancias u objetos que, por resultado de las actividades humanas de desarrollos de consumo y progreso, son descartados o abandonados (Tello-Espinoza et al., 2005).

2.1.3. Residuos orgánicos.

Son materiales biodegradables que se descomponen en un periodo corto de tiempo por acción microbiana presentes en los restos de animales, plantas, verduras y frutas, estos residuos tratándolos adecuadamente, pueden ser recuperados y utilizarlos para la producción de fertilizantes que ayuden al ambiente y su cuidado (Melendrez-Moreto, 2019).

Los residuos orgánicos son los causantes de la contaminación del suelo, atmosfera y agua no solo superficial si no también subterránea, principalmente por su contenido de restos orgánicos, minerales, metales pesados, patógenos vegetales, animales y toxinas vegetales, etc. muy contaminantes (Consortio Provincial de Residuos Sólidos Urbanos, 2019).

2.2. El compost.

Es un producto compuesto de materia orgánica que se produce a partir de desechos sólidos urbanos resultando como beneficio de la descomposición de restos orgánicos de origen vegetal y animal que están sometidas a condiciones controladas que estrictamente pasa por una fase de calor, con una buena humedad y aireación (García-Blasquez, 2017).

El compost es la transformación aeróbica controlada de desechos orgánicos sólidos estimulada por la inoculación de microorganismos y por adición de agua (Alvarez-Vera, 2018), mediante la proliferación de bacterias termófilas que existen naturalmente en cualquier lugar, paulatinamente, la fermentación continuará con otro tipo de especies de microorganismos, hongos y actinomicetos (Rafael-Ávila, 2015).

El compost posee características físicas, químicas y biológicas, y es benéfico para las plantas y el suelo, está libre de agentes patógenos y no posee malos olores (Córdova-Rengifo, 2016). En estos procesos lo mejor es evitar la acción de putrefacción de restos orgánicos, aunque en algunos casos industriales en proceso de compostaje utilizan la putrefacción por bacterias anaerobias (Mac-Donnell, 2018).

2.3. El compostaje.

Proceso biológico de condiciones aeróbicas, que bajo circunstancias de humedad, aireaciones y temperaturas superiores a 45°C, transforma los residuos en abono orgánico estabilizado (Negro et al., 2018).

El proceso de compostaje descompone y estabiliza diversos desechos orgánicos mediante la acción de diversas poblaciones microbianas benéficas que crecen bajo condiciones controladas de aire, temperatura y humedad, este proceso biológico aeróbico permite obtener un producto final suficientemente estable para su almacenamiento e incorporación al suelo sin afectar negativamente al ambiente (García-Blasquez, 2017).

2.3.1. Tipos de sistemas de compostaje.

Rafael-Ávila (2015) menciona que existen varios sistemas de compostaje, que van desde sistemas automatizados pequeños y sencillos hasta sistemas automatizados muy complicados desde la perspectiva técnica, que pueden manejar grandes volúmenes de desechos, la calidad de un sistema de compostaje depende de factores como el tiempo necesario para el proceso, el espacio necesario, el consumo energético, la higiene y cuan segura sea la planta de tratamiento. Por lo tanto, para seleccionar un sistema depende de la eficacia con la que se va a tratar el volumen específico de restos orgánicos en el menor tiempo y producir un producto con buena calidad de fertilizante y desinfección sin microorganismos patógenos (Peralta et al., 2019).

Existen diversos sistemas para llevar un proceso de maduración, Soriano (2016) expresa que se puede establecer las siguientes categorías para los sistemas de compostaje como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Sistemas de compostajes

Modelos	Características
Sistemas Abiertos	
Apilamiento estático (proceso Rutgers)	Sistema de aireado de presión retenida con la regulación de sistema de temperatura.
Apilamiento estático (proceso Beltsville)	Es un alargado apilamiento y la aireación está formada por un sistema de succión.
Windrow	Se apila en largas filas la materia orgánica al cielo descubierto y consiguiendo la aireación dando la vuelta de manera periódica.
Sistemas Cerrados	
Sistema Fairfield-Hardy	En un recipiente cilíndrico de lecho solido de sistema horizontal, la materia orgánica se mezcla por barreras.
Sistema Túnel	Flujo del disco horizontal con la materia orgánica movida por un reactor rectangular de cemento.
Sistema Dano	Rotación del cilindro con mezclado y aireación.
Sistema Discontinuo	La división de niveles de los digestores los cuales se transfiere de arriba hacia abajo el residuo secuencialmente.
Sistema Continuo	Se utiliza ventilación forzada, los residuos orgánicos se colocan desde arriba y la materia orgánica procesada se descarga desde abajo.
Sistema Silo o de Torre	Reactor vertical de flujo tipo pistón
Sistema Metro	Lecho solido de forma horizontal en forma de tanque rectangular.

Fuente: Soriano (2016)

En base a los expresado por Andalucía (2000), los sistemas son:

Sistema abierto: Es un sistema económico y relativamente simple y es el más utilizado, los residuos orgánicos se acumulan y amontonan sobre el suelo o una capa de cemento, sin aplastar de una manera excesiva y se lo coloca en forma exclusiva de una pila.

Sistema cerrado: Estos sistemas en la mayoría de los casos permiten un mejor controlar de mejor manera los parámetros en el sistema, así como tiempos de residencia más cortos y la posibilidad de procesos continuos.

Su característica es que el proceso de compostaje se realiza un reactor cerrado, las principales desventajas son, que generan altos costos de inversión en las instalaciones, emplea un tipo de maquinaria más compleja y está sujeta al clima del lugar en que el proceso se esté

realizando, de las condiciones y disponibilidad del sitio o terreno, o del tipo de material que estemos tratando (Soriano, 2016).

2.3.2. Pilas con volteo.

De acuerdo a Juárez-Mendoza (2012) son uno de los sistemas más económicos y sencillos, se caracteriza por ser una técnica de compostaje en la que de manera periódica la pila es removida y obtenga una mezcla homogénea, evitando la humedad en exceso, mejorando la ventilación de pila con una porosidad más elevada y se elimine el exceso de temperatura. La frecuencia del volteo dependerá de la humedad, consistencia del materia y rapidez con que deseamos realizar el proceso, posteriormente a cada volteo, disminuye la temperatura entre 5 a 10 °C, incrementando la misma en caso de que no se haya terminado el proceso, cada volteo es habitual realizarlo en un intervalo de 7-10 días (Laich, 2011).

a. Pilas estáticas con aireación pasiva.

Para la ventilación de la pila, se utiliza la estructura en forma de pirámide para hacer que la masa de aire fluya mejor desde la parte inferior del pilote hacia la parte superior (Pillco-Mamani, 2020), sin embargo Andalucía (2000) sostiene que el aire que se eleva desde la parte central de la pila forma un vacío, succionando aire desde un lado, la estructura y dimensión óptima de la pila varía de acuerdo al contenido de humedad, del tamaño de la partícula, de la porosidad y el grado de descomposición, todo lo cual afecta el flujo de aire hacia el centro de la pila.

b. Pilas estáticas con aireación forzada.

Esas pilas poseen un mejor control de oxígeno y se mantiene en un rango aproximado de 15-20% que es el apropiado para mejorar el metabolismo de los microorganismos aerobios que aparecen y se desarrollan en este proceso (Laich, 2011).

El suministro de oxígeno se realiza de forma continua, conectado a un termostato y se realiza por diferentes vías, ya sean aspiración o exhalación, así como las variantes que incluyen estos dos tipos, llegada a una temperatura determinada aproximadamente 60°C, el termostato activa un mecanismo de inyección de aire hasta que la temperatura descienda, una vez que se establece la pila, no se toca hasta que sea completada la etapa del compostaje (Andalucía, 2000).

2.3.3. Ventajas de uso de compost.

Los residuos orgánicos con una buena separación de la fuente se pueden convertir fácilmente en fertilizantes orgánicos de alta calidad; por este motivo, los agricultores llevan muchos años recolectando residuos orgánicos de forma tradicional y convirtiéndolos en abono de la tierra, el compost resultante tiene un agradable olor a bosque y comprende macronutrientes como fósforo, potasio, calcio, nitrógeno, magnesio y hierro precisos para los restos orgánicos y la vida vegetal (Naranjo, 2015). Las ventajas del uso del compost son las siguientes:

a. Mejora las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del suelo.

El empleo de la materia orgánica ayuda de una manera favorable a estabilizar correctamente la estructura del suelo agrícola, permite que los suelos sean más permeables y los ligeros más compactos, mejora la permeabilidad hídrica y aumenta la retención hídrica (Negro et al., 2018)

El compost acorde a Rafael-Ávila (2015) como producto restablecedor o como enmienda de residuos orgánicos, tiene un excelente potencial y beneficio ya que la presencia de materia orgánica en cantidades ideales es fundamental para nutrir y asegurar la fertilidad en el suelo. Los macronutrientes: nitrógeno, potasio y fósforo, presentes en la materia orgánica mejoran la capacidad de intercambio catiónico del suelo, esta propiedad permite absorber los nutrientes del suelo, facilitando la posibilidad de ser asimilados por las plantas (Soriano, 2016).

La materia orgánica del suelo es fuente de nutrientes y energía para los microorganismos, la población microbiana son un indicador de fertilidad del suelo, toman el humus como costo y promueven su mineralización (Rafael-Ávila, 2015)

2.3.4. Calidad de compost.

Calidad de compost no se considera como concepto absoluto, ya que depende de sus usos para que sea utilizado, se define como capacidad para saciar o satisfacer las necesidades de la planta, sin riesgo para la salud humana y con un impacto ambiental mínimo (Ansorena et al., 2014).

La calidad de la composta acorde a Huaraca-Bazán (2020) tiene relación con el potencial que desempeña como mejorador de suelos, está determinada por sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Si se controlan bien estas propiedades, se obtendrá un compost de alta calidad con las características de: esterilización, baja contaminación, alta capacidad fitosanitaria, capacidad fertilizante, capacidad de retención de agua, protección contra la erosión, inodoro y estabilidad microbiana (Pillco-Mamani, 2020).

De acuerdo a la investigación de Soriano (2016) los metales pesados existentes en el compost no deben superar los límites permisibles establecidos por la legislación aplicable en cada país para que el compost se clasifique como de buena calidad Índices de calidad de compost.

En la Tabla 2 detalla los parámetros de calidad para el compost acorde a las diferentes normas vigentes y se dividen en:

Índice químico.

El compost no tiene una composición química al ser un producto de origen natural, los resultados químicos del análisis del compost varían en función de la materia empleada para la elaboración de compost (Soriano, 2016).

Índice físico – químico.

Para el índice físico - químico en base a lo expresado por Soriano (2016), los análisis más comunes para este índice son: Relación Carbono/Nitrógeno, potencial de Hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica. La relación Carbono/Nitrógeno es uno de los índices más usados, ya que

establece que para un compost maduro la relación debe ser < 20. En cambio para los análisis físicos los más comunes son: retención de agua, la granulometría, color, olor y humedad (Pillco-Mamani, 2020).

Índice microbiológico.

Los índices biológicos son utilizados para garantizar la higiene y sanidad para el compost y a escala menor como chequeo del producto de compostaje (Soriano, 2016).

Tabla 2: Parámetros de calidad para compost final

Parámetros		Norma Chilena 2880		Organización Mundial de la Salud	U.S.A Agencia de protección ambiental	Bioagro 2021
		Calidad A	Calidad B			
Relación C/N		≤ a 25	≤ a 30	*****	15 a 20:1	05 – 10
Parámetros de materia orgánica	pH	5,0 – 8,5	5,0 – 8,5	6,0 – 9,0	6,8 – 8,0	6,8 – 7,2
	C.E dS/m	< a 3	≤ a 8	*****	*****	*****
	M.O %	≥ a 20	≥ a 20	25 a 50	>a 20	15 – 23
	N %	≥ a 0,5	≥ a 0,5	0,4 a 3,5	2,5 a 5,0	1,5 a 2
Elementos	P ₂ O ₅ %	*****	*****	0,3 a 1,8	*****	1,5 – 2
	K ₂ O ₅ %	*****	*****	*****	*****	1 – 1,5
Tamaño de la partícula		≤ a 16 mm	≤ a 16 mm	*****	Grano fino	*****
Color		*****	*****	*****	*****	Marrón oscuro – negro ceniza
Olor		*****	*****	*****	*****	No posee olor desagradable

Fuente: Pillco-Mamani (2020)

2.3.5.Fases del proceso de compostaje.

En el compostaje se realiza en cuatro etapas o fases (Figura 1), las tres primeras se determinan por la temperatura, y la cuarta, la etapa final o de maduración que tiene una duración variable (Vallejo-Guerra, 2017). Las fases son:

a. Fase mesófila o mesolítica.

Llamada también mesolítica o mesófila, la materia orgánica comienza a temperatura ambiente, y la producción de microorganismos mesófilos es rápida, tarda 2 a 4 días (Vallejo-Guerra, 2017). La temperatura aumenta llegando a los 45°C por consecuencia de la actividad metabólica de los microorganismos: zigomicetos, basiodomicetos, oomicetos, ascomicetos y hongos imperfectos (Rafael-Ávila, 2015).

b. Fase termófila.

La etapa termófila se identifica por tener temperaturas entre 55 °C a 70 °C, una vez que se logra alcanzar temperaturas elevadas, el nitrógeno es convertido en amoníaco por acción de los

microorganismos termófilos, la duración depende del material de partida, el lugar, las condiciones climáticas, pero generalmente tarda de acuerdo a la fermentación acelerada o lenta que aproximadamente tarda dos a ocho semanas (Soriano, 2016).

En esta fase el nitrógeno se convierte en amoníaco mientras que el pH se torna alcalino, en los 61°C desaparecen los hongos y brotan actinomicetos y bacterias esporíferas que desintegran proteínas y hemicelulosas haciendo que la temperatura y el pH disminuyan (Vallejo-Guerra, 2017).

c. Fase mesófila II o enfriamiento.

La temperatura en esta etapa disminuye, llegando a bordear los 40°C, aparecen nuevamente los microorganismos mesófilos y los hongos termófilos, los hongos y las bacterias descomponen una parte de la lignina y la lignoproteína (celulosa) y reaparecen los microorganismos e invertebrados (Rafael-Ávila, 2015).

d. Fase de maduración.

La fase de maduración es una etapa que demanda varias semanas por tener una fermentación lenta y a temperatura ambiente, en este proceso los microorganismos termófilos disminuyen, pero aparecen otras bacterias que degradan celulosa como los actinomicetos y los basidiomicetos que degradan la lignina (Soriano, 2016).



Figura 1: Fases y temperatura del compostaje

Fuente: Soriano (2016)

2.3.6. Parámetros que condicionan el proceso de compostaje.

a. Físicos.

Temperatura.

El control de la temperatura en base a lo expresado por Huaraca-Bazán (2020), desempeña un papel fundamental en el proceso de compostaje, la descomposición de restos orgánicos requiere calor y asegura la eliminación de agentes nocivos que puedan provenir de los materiales utilizados

y la invalidez de las semillas, es importante mantener la temperatura entre 45 y 50 ° C. Mientras el compost más caliente se encuentre, más rápido se descompone la materia orgánica, ya que a más temperatura, mayor cantidad de actividad microbiana, acelerando el proceso de descomposición (Pillco-Mamani, 2020).

Barrena-Gómez (2006) expresa que cuando el material se convierte en abono, se somete a un ciclo de temperatura causado por la actividad microbiana; al principio, debido al compostaje de materiales más fácilmente degradables, la pila aumenta rápidamente de temperatura, permanece en este estado por un tiempo limitado y comienza a perder calor, la rotación permite el ingreso de aire, se introducen los materia prima externa y la pila comienza a generar calor. Lo mejor es alcanzar condiciones termofílicas alrededor de 40 a 93 ° C, ya se requieren elevadas temperaturas para eliminar los agentes microbianos patógenos que se puedan encontrar en la pila (Rafael-Ávila, 2015).

Humedad.

Acorde a Naranjo (2015) la humedad suficiente para biodegradación dominada por respiración aeróbica esta entre el 40 al 60%, si la humedad supera el límite indicado, se produce movimiento de aire entre fragmentos orgánicos, y el medio se vuelve anaeróbico, favoreciendo el metabolismo fermentativo y la respiración anaeróbica. Pillco-Mamani (2020) argumenta que si la humedad consta de valores menores al 10% haciendo el proceso más lento y reduce la actividad biológica; la humedad de los desechos orgánicos crudos varía mucho, como las heces y excretas, donde la dieta tiene una estrecha relación con el contenido de humedad. Si inicialmente la humedad del residuo original es superior al 50%, se busca la manera para eliminar la humedad en el material previamente a formar la pila, y se realiza este procedimiento mezclando con sustancias secas para mantener una relación C/N suficiente, o esparciendo todo el material en una fina capa para que se evapore el agua naturalmente (Soriano, 2016).

b. Químicos.

pH.

Parámetro importante para evaluar la carga microbiana es el control de pH, al igual que la temperatura el valor del pH cambia con el tiempo de 5 a 9 dependiendo la etapa en la que se encuentre el compost (Pillco-Mamani, 2020).

El valor ideal del pH para el proceso de compostaje se sitúa en valores 6,5 y 8 de no ser adecuado los niveles de desintegración, el pH desciende a intervalos de 4 o 5, ralentizando el proceso (Tituaño-Morocho, 2013).

Valores de pH ácido por debajo de 5,5 y alcalinos 9,5 o mayor, privan el crecimiento y desarrollo de los microbios, en este último valor se arrojan nutrientes primordiales y esenciales del medio que no son accesibles para los microorganismos (Vera-Rojas, 2018).

El pH disminuye ligeramente durante el periodo de enfriamiento alcanzando un intervalo casi ácido – neutro de 6 a 7 en una materia prima madura, en un ambiente casi neutro las bacterias

proliferan, mientras que los hongos en un medio levemente ácido se desenvuelven mejor (Jaramillo-Henao, 2008).

Relación Carbono/Nitrógeno.

Esta relación reconoce los valores de materia prima a utilizar para carbono y nitrógeno, los valores ideales y adecuados que deben poseer la materia orgánica se encuentra entre los 20 y 30 (Pillco-Mamani, 2020). En la tabla 3 se detalla algunas relaciones carbono-nitrógeno de diferentes materiales.

Tabla 3: Relación C/N de materiales orgánicos

Material Orgánico	Relación C/N
Contenido de carbono	
Aserrín	500/1
RSU mezclados	50-60/1
Hojas secas y hierbajos	90/1
Fronda	40-80/1
Caña de maíz	60/1
Contenido de nitrógeno	
Hojas frescas	3-40/1
Excremento de vaca	18/1
Desechos	15/1
Podas de césped	12-20/1
Recorte de plantas no leguminosas	12/1
Mantillo	10/1

Fuente: Soriano (2016)

Como señala Soriano (2016), los microorganismos atacan y arremeten el compost y disponen de una cierta cantidad de nutrientes, la relación carbono nitrógeno es el mejor indicador de salud microbiana, el carbono para medir los niveles de energía mientras que el nitrógeno para sintetizar proteínas. Para ser considerado un compost de calidad y para que cualquier organismo sobreviva, el carbono y nitrógenos se debe encontrar en proporciones apropiadas, la relación C/N ideal para un buen compostaje es 25-35 partes carbono por 1 de nitrógeno, si existe elevadas cantidades de carbono en el material inicial, la proporción es demasiado alta, el proceso se ralentiza, y el incremento de la temperatura no es suficiente (Pillco-Mamani, 2020).

Las altas concentraciones de carbono se perderán como dióxido de carbono, este elemento es eliminado durante el proceso de producción en forma de amoníaco (NH₃), al final del compostaje, la relación C/N disminuirá hasta que alcance un intervalo 12 y 8 en el producto final (Jaramillo-Henao, 2008). Relación Carbono/Nitrógeno (Tabla 4) de diferentes restos orgánicos son:

Tabla 4: Relación C/N de residuos orgánicos

Residuos	Relación C/N
Aserrín	500/1
Papel	171/1
Cereales	79/1
Caña de maíz	61/1
Bagazo de caña	52/1
Excremento seco (con aserrín o paja)	51/1
Desechos frutales	35/1
Excremento de vaca (seco)	26/1
Excremento de caballo	25/1
Podas de pasto verde	20/1
Alfalfa	17/1
Desechos domiciliarios orgánicos	16/1
Excremento de cerdo	12/1
Humus	10/1
Excremento de cabra	10/1
Excremento de oveja	9/1
Excremento de vaca (fresco)	8/1
Excremento de conejo, cuy	8/1
Excremento de gallina (gallinaza)	6/1
Pescado	6/1
Sangre	3/1

Fuente: Vera-Rojas (2018)

c. Biológicos.

Invertebrados

Jaramillo-Henao (2008) argumenta que dentro del proceso de compostaje los microorganismos que están presentes son: arañas, moscas y hormigas, los organismos más importantes que pueden ser inoculados en el compost son las lombrices y aportan para la producción de otra clase de abono denominado vermicompost. En el caso de vermicompost se refuerza con otro agente, a parte de los microorganismos presentes en el proceso de compostaje se le suma la intervención de lombrices, con lo que se consigue acelerar el la maduración de los residuos orgánicos, los cien pies desintegran los residuos vegetales, acelerando la degradación de la materia orgánica ya que se aligera la superficie de acción que tiene bacterias, hongos y actinomicetos (De La Peña-Nolverto, 2019).

Microorganismos

Para que los microorganismos puedan aparecer en el compostaje dependerá de las circunstancias que el mismo presente, la materia orgánica en especial el carbono, desempeña un papel fundamental ya que es origen de energía para los microbios aeróbicos y utilizan micronutrientes como nitrógeno, fósforo, carbono para desarrollar los tejidos celulares (Soriano, 2016).

El compostaje promueve la actividad de diferentes microorganismos termofílicos y facilita el crecimiento microbiano termofílico, la temperatura ideal de crecimiento se establece a temperaturas superiores a los 40 °C, estas temperatura son consecuencia de actividad de organismos termófilos, microorganismos que desempeñan su papel en la etapa final del proceso de maduración (Jaramillo-Henao, 2008).

2.4. Microorganismos benéficos

En la actualidad cuantificar todas las especies de microorganismos benéficos es muy difícil, aunque muchos de ellos ya han sido identificados, los microbiólogos, cuando analizan un modelo de suelo, revelan nuevas especies de microorganismos benéficos, acorde a investigaciones es muy elevado el número de microorganismos benéficos que son desconocidos (Alvarez-Vera, 2018).

Los microorganismos benéficos pueden ser obtenidos de especímenes vegetales que son utilizados en el proceso de compost y son aprovechados para la aceleración de la degradación de la materia prima, la formación de las colonias y los distintos tipos de microorganismos benéficos varían de acuerdo al tipo de planta de cual son obtenidos (Alvarez-Vera et al., 2019).

Los microorganismos benéficos mejoran la calidad del suelo y a su vez proporcionan nutrientes que la planta puede asimilar necesarios para su desarrollo, siendo una opción amigable para el ambiente (Pillco-Mamani, 2020). Aceleran la degradación de la materia orgánica, aprisionando nutrientes necesarios para el suelo y las plantas, los microorganismos se alimentan de restos en estado de descomposición y capturan malos olores evitando que afecten al ambiente (Naranjo, 2015).

Los microorganismos de géneros *Aspergillus*, *Bacillus*, *Penicilium* y *Pseudomonas*, ayudan a que la planta pueda absorber de mejor manera los nutrientes, ya que los microorganismos en el suelo poseen la capacidad de disolver el fósforo orgánico, produciendo diferentes tipos de ácidos como son: acético, fumárico, propiónico, fórmico y glicólico (Alvarez-Vera, 2018).

2.4.1. Funciones de los microorganismos benéficos.

Alvarez (2018), indica que las funciones más importantes son:

- Descomponen los desechos orgánicos, fijan el nitrógeno de la atmósfera, aumentan los nutrientes para las plantas, degradación de plaguicidas y pesticidas.
- Son los responsables netos del crecimiento y producción de fitohormonas.
- Impiden el crecimiento de patógenos (biocontrol) e incitan el crecimiento de las plantas.

La fijación de nitrógeno, el crecimiento de las plantas, la supresión de enfermedades, el provecho de los principales nutrientes y la mejora de la estructura del suelo se ve influenciada por la los microorganismos benéficos (Soriano, 2016).

2.4.2. Tipo de microorganismos benéficos.

Bacterias: Por lo general, existen en el suelo y el agua, y a través de la degradación y el reciclaje de varios compuestos olorosos como varios tipos de benceno, lignina y sus compuestos constituyentes que se encuentran en el aceite, tienen un efecto metabólico muy extenso (Huaraca-Bazán 2020).

Hongos: La característica principal de estos microorganismos es su fácil adaptación a diferentes hábitats, y su función es desintegrar la lignina y celulosa (FUNDASES, 2015).

Actinomicetos: Controlan a las bacterias y hongos patógenos, su función principal es degradar la materia orgánica y liberar elementos nutritivos transformando compuestos resistentes en más sencillos (Largo-Espinoza, 2019).

2.5. Microorganismos eficientes

Los microorganismos eficientes en base a lo expresado por García-Blasquez (2017) son una solución de microorganismos benéficos destinados a diferentes funciones y está compuesta por microorganismos anaerobios y aerobios. Los microorganismos eficientes (EM) al ser un cultivo mixto está compuesto por otros microorganismos (hongos, actinomicetos y bacterias), son considerados una entidad viva y son microorganismos, que al relacionarse con los restos orgánicos emanan sustancias para la descomposición de la misma (Soriano, 2016).

A inicios de los setenta el profesor Higa, comenzó la búsqueda de una alternativa que pueda reemplazar a fertilizantes que tuvieron su auge en la II guerra mundial para producir alimentos en el planeta, inicialmente los microorganismos eficientes eran utilizados como acondicionador para el suelo; en la actualidad los microorganismos eficientes son usados para el manejo de desechos sólidos generados por los procesamientos de alimentos, fábricas de papel, producción agropecuaria, camales y municipalidades (Rafael-Ávila, 2015).

2.5.1. Tecnología de los microorganismos eficientes.

Microorganismos eficientes indica Yanzán-Rosero (2013) es un cultivo mixto de microorganismos beneficiosos y microorganismos naturales que viven en estado líquido y son una composición de varios microorganismos que se encuentran presentes en los alimentos, posee tres especies principales de microorganismos beneficiosos: bacterias del ácido láctico y levaduras. Cuando entran en contacto con desechos orgánicos, secretan vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes (Naranjo, 2015). Una vez que se aplican inoculantes microbianos a residuos orgánicos o son introducidos en el ambiente, se reproducirán sinérgicamente, el caldo está compuesto principalmente por bacterias fotosintéticas, levaduras y bacterias del ácido láctico, con un total de más de 80 microorganismos diferentes (Huaraca-Bazán, 2020).

2.5.2. Tipos y uso de microorganismos eficientes

Soriano (2016) menciona 4 distintas aplicaciones de microorganismos eficientes son:

a. Aplicación en abono orgánico

Los productos enriquecidos con microorganismos eficientes se puede utilizar para obtener fertilizantes orgánicos en poco tiempo, favoreciendo el metabolismo aeróbico de materia orgánica y mejora las propiedades del suelo (Ñaupari-Alcoser, 2016).

b. Aplicación en desechos animales

Sus principales aplicaciones tienen muchas ventajas, principalmente para eliminar la presencia de malos olores que produce el estiércol, promover el uso de estiércol de ganado y obtener rápidamente fertilizante como acondicionador del suelo (Naranjo, 2015).

c. Aplicación en la agricultura

Los microorganismos eficientes en la agricultura tienen muchas ventajas restaurando la proporción microbiana en el suelo, mejora las condiciones físicas y químicas, aumenta la tolerancia de los cultivos y mejora su rendimiento (Melendrez-Moreto, 2019).

d. Aplicación en el ambiente

Al utilizar microorganismos eficientes se evita la desintegración oxidativa de los residuos orgánicos, se libera gases por olores desagradables y prevenir el crecimiento de insectos u otros vectores (Huaraca-Bazán, 2020).

2.5.3. Activación de microorganismos eficientes.

Los microorganismos eficientes se suministran normalmente en estado de latencia, estado inerte y debe activarse antes de ser aplicados, para su activación se usa agua de arroz (Rafael-Ávila, 2015). Existen diferentes formas y dosis que se pueden usar para activar los ME. Para activar los Microorganismos Eficientes Melendrez-Moreto (2019) se añade 1 litro de ME inactivos, 2000 gr de sacarosa y 20 litros de agua libre de cloro, la mezcla es colocada y sellada en un recipiente plástico, se guarda la mezcla en un sitio oscuro evitando la luz del sol a temperatura ambiente alrededor de 8 a 10 días hasta completar el proceso de fermentación.

2.5.4. Inoculación de Microorganismos Eficientes en la compostera.

De acuerdo a la investigación de Soriano (2016), el propósito de la inoculación microbiana en compost o pilas de compost es reducir el tiempo de compostaje y obtener materiales mejorados y enriquecidos con carga microbiológica y nutricional. Agregar microorganismos al compost tiene las siguientes ventajas:

- Mayor tasa de incremento de temperatura residual durante la fase de alta temperatura del proceso, independientemente de las condiciones ambientales y de aireación (Higa, 2013).
- Promueve la descomposición de sustancias orgánicas, la emanación de gases como sulfuro de amonio y mercaptano, que producen olores desagradables, además, los vectores como las

moscas y mosquitos no pueden encontrar un entorno adecuado para su desarrollo, impidiendo así su reproducción (Huaraca-Bazán, 2020).

- Maximiza la transformación de materia orgánica a un tercio del tiempo que tarda un proceso convencional de compostaje que dura aproximadamente entre 5 a 8 semanas (Ñaupari-Alcoser, 2016).

2.6. Empresa Municipal de Aseo Público

La EMAC EP fue constituida en diciembre de 1998 para prestar los servicios públicos de barrido, limpieza, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos y peligrosos, responsable del mantenimiento, restauración, renovación y manejo de los espacios verdes y parques de Cuenca, incluso en los equipos construidos o instalados en los mismos, sus servicios complementarios, conexos y conexos podrán ser considerados como intereses colectivos (Dugllay-Tenecela, 2016).

La EMAC EP destaca tres grandes contribuciones que ha realizado la empresa en beneficio de la ciudadanía:

El Relleno Sanitario de Pichacay, transformado en un complejo de desarrollo ambiental y humano.

Las plantas ornamentales para las áreas verdes se producen en un terreno de 4,4 hectáreas en el sector de Yanaturo.

La planta de compostaje del Ecoparque situada en la parroquia del Valle, para acondicionadores del suelo sin químicos y patógenos para la salud, esta planta de compostaje reduce las cantidades de residuos sólidos depositados en el relleno sanitario así promoviendo la clasificación y uso de los residuos orgánicos, podas de árboles y residuos de los mercados.

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Zona de estudio

La planta de compostaje de la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca se encuentra situada en la provincia del Azuay en la parte suroriental de la ciudad de Cuenca en la parroquia el Valle, en las instalaciones posteriores del Ecoparque “El Valle”, a una altura de 2520 ms.n.m. como se ilustra en la Figura 2.

3.1.1.Ubicación.

Este: 498703,1

Norte: 8764913

3.1.2.Limites.

Acorde a Pauta (2015) la parroquia El Valle tiene una extensión de 4404 ha y limita con:

Norte: con el límite urbano del cantón Cuenca

Sur: con las parroquias Tarqui, Quingeo y Santa Ana

Este: con las parroquias Santa Ana y Paccha del cantón Cuenca

Oeste: La parroquia Turi y con el limite urbano de la ciudad de Cuenca

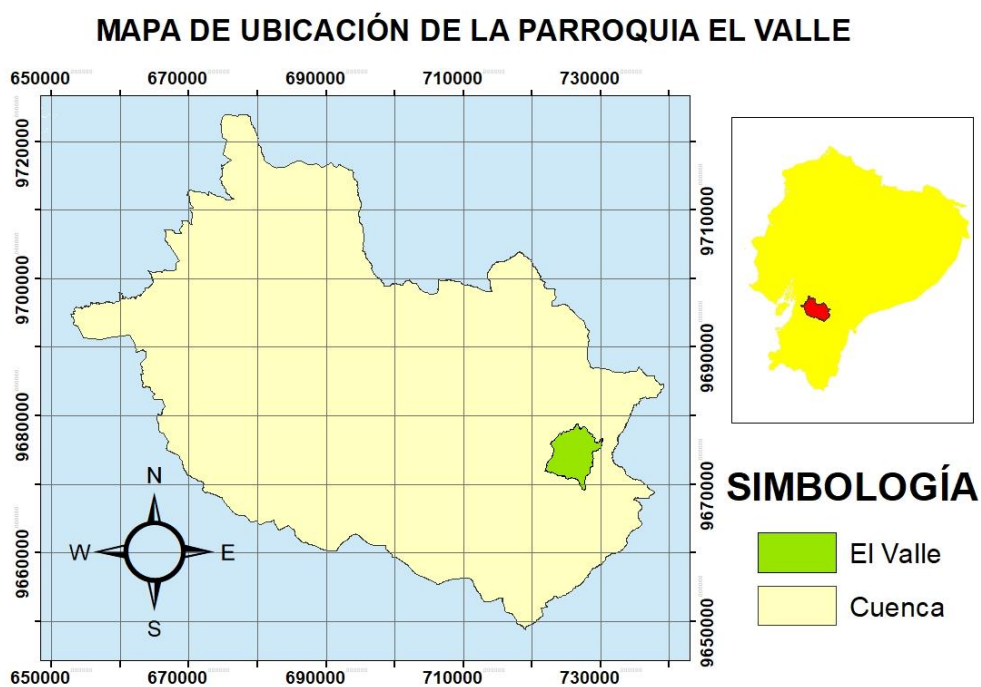


Figura 2: Mapa de ubicación de la parroquia El Valle

3.1.3. Accesibilidad.

La accesibilidad a la planta de compostaje de la EMAC EP de la parroquia el Valle es a través de la carretera vía al Valle, hasta llegar al desvío hacia la ciudadela Laguna del Sol y continuar hasta el Ecoparque, la planta se encuentra en las instalaciones de la parte posterior del antiguo relleno sanitario de Cuenca.

3.1.4. Características climáticas.

Para el análisis climatológico de la parroquia El Valle, se tomaron los datos de la Estación Meteorológica Turi y sus características climáticas más considerables son:

a. Temperatura.

En la parroquia el Valle, los días son parcialmente nublados, fríos, cortos y secos y los veranos son frescos, la temperatura varía entre 12 y 20°C, siendo las más elevadas en los meses de marzo y septiembre, mientras que las bajas ocurren entre junio y julio (Pauta, 2015).

b. Precipitación.

La probabilidad de precipitaciones en la parroquia el Valle varía ampliamente durante el año, un día precipitado generalmente es un día con 1 milímetro de precipitación, la temporada más mojada dura 4 meses, de 16 de enero a 12 de mayo, la temporada más seca dura 8 meses, del 12 de mayo al 16 de enero (Weather Spark 2021).

c. Topografía.

En la parroquia El Valle predominan las áreas con pendiente de 12 a 30%, cubriendo un área mayor, ocupando el 44,56% de su extensión; luego predominan las áreas con pendientes de 30 a 50%, ocupando 38,33% del área parroquial; luego predominan las áreas con pendientes de 0 a 12% representando el 17,04% de la parroquia, y finalmente predominan las áreas con pendientes mayores al 50% representando el 0,07% de la parroquia (Pauta, 2015).

3.1.5. Fase pre-campo.

En la fase de pre-campo previa a la ejecución el trabajo que consistió en:

a. Tipo de investigación.

El cumplimiento de los objetivos planteados se basó en una investigación práctica o experimental.

b. Población.

La población estuvo constituida por la masa total de residuos orgánicos en las diferentes pilas preparadas, en la planta de compostaje de la EMAC EP.

Para la pila de mercados se obtuvo una masa de 960 kg, mientras que para la pila de la ciudadela obtuvo una masa de 620 kg.

c. Muestra.

La muestra son 4 pilas de compost, cada pila cuenta con una altura de 0,60m, largo 3,00m y ancho 0,75m.

d. Diseño muestral.

Se aplicó el diseño experimental con 4 tratamientos de compost como se ilustra en la Figura 3.

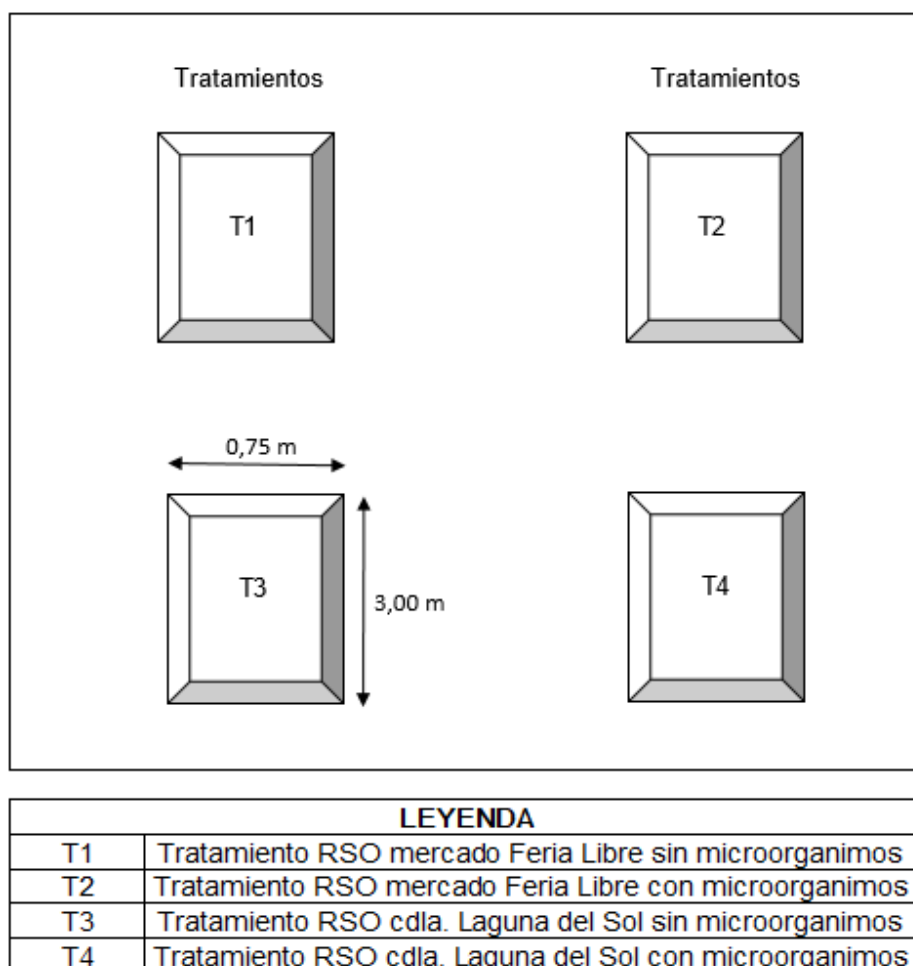


Figura 3: Diseño de las unidades experimentales de compost

Los residuos orgánicos del mercado de la Feria Libre y de la ciudadela Laguna de Sol fue la materia prima para la elaboración de las pilas de compost, desde el año 2015 y 2019 respectivamente la EMAC EP ha recolectado restos orgánicos que son sometido a un proceso técnico para conseguir compost. La sustancia madre consiste en la elaboración de un biopreparado que contiene carga microbiana benéfica. Los tratamientos se ejecutaron como se muestra en la Tabla 5 y fueron:

Tratamiento 1 (T1), consistió en la mezcla de restos orgánicos del mercado de la Feria Libre.

Tratamiento 2 (T2), se realizó la misma mezcla que en el tratamiento 1 y se agregó 1000 ml de solución madre con microorganismo benéficos (MOBs) semanalmente.

Tratamiento 3 (T3), consistió en la mezcla de residuos sólidos orgánicos de la ciudadela Laguna del Sol.

Tratamiento 4 (T4), se realizó la misma mezcla que en el tratamiento 3 y se agregó 1000 ml de solución madre con microorganismo benéficos (MOBs) semanalmente.

Tabla 5: Tratamiento para las pilas de compostaje

Tratamiento	Residuos Solidos	Dosis MOBs/10lt agua
T1	RSO mercado Feria Libre	Sin dosis
T2	RSO mercado Feria Libre	1000 ml
T3	RSO Cdla Laguna del Sol	Sin dosis
T4	RSO Cdla Laguna del Sol	1000 ml

e. Preparación de cultivo madre.

Para obtener microorganismos benéficos con muestras vegetales, se preparó una solución de cultivo madre en primera instancia, para esto se cumplieron una sucesión ordenada de procedimientos en laboratorios (Álvarez 2018).

El cultivo madre se preparó con las cantidades y medidas que especifica en la Tabla 6

Tabla 6: Concentraciones de los ingredientes para preparar la solución madre de microorganismos benéficos

Descripción	Cantidad
Muestra Vegetal	500 gr
Hígado	200 gr
Sal	10 gr
Melaza	200 ml
Agua	500 ml

Para la obtención de microorganismos benéficos a partir de muestra vegetal de col, las hojas de estas plantas fueron cortadas en pedazos pequeños (Figura 4) y se registró su peso.



Figura 4: Muestra vegetal de col para preparación de biopreparado

El hígado de res se lavó para eliminar todas las impurezas, se cortó en cubos pequeños, para luego ser depositado en una funda ziploc y posteriormente conocer su peso (Figura 5).



Figura 5: Registro del peso de hígado para la preparación de solución madre

Una vez registrado el peso del hígado, se agregó sal (Figura 6) para sanitizar el biopreparado de los patógenos que puedan dañar la preparación del cultivo madre.



Figura 6: Sal para la activación de microorganismos

Finalmente se colocó y mezcló todos los componentes incluido el agua y melaza (Figura 7), en medidas que se establecen en la tabla 6, se dejó reposar un tiempo aproximado de 7 a 9 días en un espacio libre de radiación solar directa y liberando el exceso de gas generado por la sustancia madre.



Figura 7: Muestra de melaza y agua para elaboración de microorganismos

3.1.6.Fase de campo.

Una vez que se colocaron todos los ingredientes en el interior del balde plástico, utilizando la misma metodología de Álvarez (2018), cuidadosamente se mezclaron, se ubicó en un lugar que se

encuentre a temperatura ambiente sin exposición directa solar por un periodo de una semana, posteriormente se evidenció el cambio de color en biopreparado, presentando un olor agridulce con la esencia característica de la muestra vegetal utilizada (Figura 8). Al concluir la semana de haber iniciado el proceso, aparecieron cepas blanquecinas en el cultivo, lo que indica que el proceso estuvo de manera correcta



Figura 8: Estado de las muestras 4 días después preparada la sustancia

a. Activación de microorganismos benéficos

Una vez preparada la sustancia madre, se realizó la activación o producción de microorganismos benéficos, para este proceso se dejó reposar en 48 horas, 17 litros de agua, para que el cloro existente en el agua se evapore y se procedió a trabajar con el biopreparado de la sustancia madre, exceptuando la materia (Figura 9).



Figura 9: Activación de microorganismos benéficos

En un recipiente con agua se trabajó con las dosis que se detallan en la Tabla 7, mezclando de manera homogénea todos los ingredientes para facilitar la activación de la cepa microbiana procedentes de la muestra vegetal, una vez se realizó este procedimiento cada 72 horas se procedió a abrir el recipiente para liberar el exceso de gas que se acumuló dentro del recipiente plástico (Alvarez-Vera, 2018).

Tabla 7: Componentes y cantidades para la activación de microorganismos benéficos

Componentes	Cantidad
Hígado de res	2000gr
Sal	200gr
Melaza	2lt

Pasado doce días de activar el consorcio microbiano benéfico se comprobó en la superficie una capa de color blanco en la sustancia activada de muestra vegetal (Figura 10) asegurando que el proceso se realizó correctamente.



Figura 10: Capa de color blanco sobre biopreparado

Acabada la activación se realizó la reproducción de microorganismos benéficos, donde se colocó en un balde de 80 litros los ingredientes especificados en la Tabla 8.

Tabla 8: Concentración de los componentes para la activación de microorganismos benéficos

Componentes	Cantidad	Componentes	Volumen
Hígado de res	6000gr	Melaza	6lt
Sal en grano	600gr	Agua des clorada	60lt

Para la elaboración de la solución con consorcios microbianos benéficos (Anexo 2) obtenidos de muestras vegetales se realizó lo siguiente:

- En un recipiente plástico se colocó 60 litros de agua y se reposó para eliminar el cloro en el agua.
- Se midió 2 litros de microorganismos benéficos una dosis al 5%
- Se introdujo en un recipiente plástico de 60 litros, los 2000 ml de microorganismos benéficos con los componentes descritos en la tabla 8.
- Se mezcló hasta que se consiga una mezcla homogénea y se dejó reposar en un lugar fuera del alcance de la luz solar.

- A los 8 días de la activación de microorganismos, apareció una capa blanca en la superficie, lo que indica que la activación estaba lista para ser inoculada en las pilas de compostaje.

b. Elaboración de pilas de compostaje

Para la elaboración de las pilas de compost de residuos orgánicos se dividió en dos etapas: i) adecuación de pilas compost, se retiró un compost que anteriormente fue elaborado, con ayuda de una escoba se raspó las partículas más pequeñas y posteriormente se limpió con agua la pila, la cual contaba con dimensiones de 0,60m de alto, 3,00m de largo y 0,75 m de ancho. ii) y la obtención de materia prima que fue recolectada por la EMAC EP en los lugares del mercado de la Feria Libre y la Cda. Laguna del Sol para luego ser cortada, triturada y depositada en la pila.

c. Temperatura

La temperatura en base a lo expresado por Soriano (2016), se procedió a tomar al principio del proceso, desde el mismo día que se colocó la materia orgánica en las pilas de compostaje, para determinar la temperatura se utilizó un termómetro analógico de mercurio de 100 °C de marca REOTEMP (Figura 11), introduciendo en la mitad de la pila de compost. La medición de la temperatura se realizó una vez por semana, los días viernes, aproximadamente a las 10 am.



Figura 11: Medición de temperatura en el centro de la pila de compost

d. Humedad

Soriano (2016), manifiesta que la humedad se puede controlar utilizando el método de la prueba de puño, consiste en tener en la mano una muestra del compost y sujetarlo firmemente, la observación de gotitas muestra que el contenido de humedad del compost puede superar el 40%, si los hilos obtenidos se marcan de forma intermitente, si la humedad no fluye cerca del 30%, el material todavía está mohoso cuando abre las manos y la humedad es del 20-30%; finalmente, si el material se desmorona al abrir la mano, el contenido de humedad es inferior al 20%.

e. Aplicación de microorganismos

La aplicación de microorganismos benéficos se aplicó con la dosis establecida por cada diez litros de agua, un litro de líquido que contiene microorganismos benéficos, este proceso se realizó

cada que se hizo el volteo de la pila, los tratamientos, se realizaron al inicio del ensayo con la ayuda de recipiente plástico de un litro (Figura 12), esparciendo y regando de solución líquida el total de la pila de compost (Largo-Espinoza 2019).



Figura 12: Aplicación de microorganismos benéficos

f. Riego

El riego se realizó para obtener la humedad adecuada de las pilas y mantenerlos en el rango de humedad de aproximadamente 30 - 40% (Soriano, 2016). Se utilizó un tanque repartidor de agua para regar la pila de compost y asegurar que el agua se distribuya de forma homogénea en toda la pila de compost.

g. Volteo de pilas de compostaje

El volteo se lo realizó con ayuda de unas palas (Figura 13) a la semana de haber comenzado con el proceso, facilitando la aireación y ventilación de los restos orgánicos y liberando el exceso de calor en la pila, el volteo se lo realizó una vez por semana.



Figura 13: Volteo de pilas de compostaje

h. Cosecha y tamizaje de compost

Este proceso se ejecutó cuando los residuos orgánicos perdieron su estructura inicial y se formó una textura de un color café obscura, para luego ser enviados al proceso de tamizado, para el cual se utilizó el un tamizador industrial (Figura 14).



Figura 14: Cosecha y tamizador industrial

i. Obtención de muestras de compost para análisis

Para la recolección de muestras de compost en base a la investigación de Soriano (2016) se realizó el siguiente proceso:

- Cada un metro se tomó aproximadamente 0,35 kg de compost el cual se depositó en un contenedor, se mezcló, se extrajo aproximadamente 1,5 kg.
- Se procedió a secar y luego a empacar en una funda ziploc, con su respectivo código del cual se tomó la muestra, para su posterior envío y análisis en el laboratorio BIONIKA BIODESINTEL CIA.LTDA, ubicado en la ciudad de Quito.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Variables de medición en compost

4.1.1. Obtención del compost

En la elaboración de las pilas de compost se usó 960 kg de residuos de mercados y 620 kg de residuos orgánicos domiciliarios.

En la Tabla 9 se presenta el peso inicial, peso final, reducción de masa y rendimiento de la materia orgánica de cada tratamiento de compost.

Tabla 9: Rendimiento del compost y reducción de masa en cada tratamiento.

Tratamiento	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Reducción de masa (kg)	Reducción de masa (%)	Rendimiento (%)
T1	480	325,1	154,9	32,27	67,73
T2	480	356,4	123,6	25,75	74,25
T3	310	211,3	98,7	31,84	68,16
T4	310	242,4	67,1	21,68	78,32

En la Figura 15 se ilustra que el tratamiento con más alto rendimiento de compost fue en el que se inoculó microorganismos benéficos siendo T4 con 78,18% a diferencia de T1 que no se aplicó consorcios microbianos con un valor de 67,73% siendo este el menor de los rendimientos, obteniendo cantidades similares a la investigación de Largo-Espinoza (2019) con el rendimiento de compost con valores de 65% a 71% y la reducción de masa con datos 23% a 34% en los tratamientos.

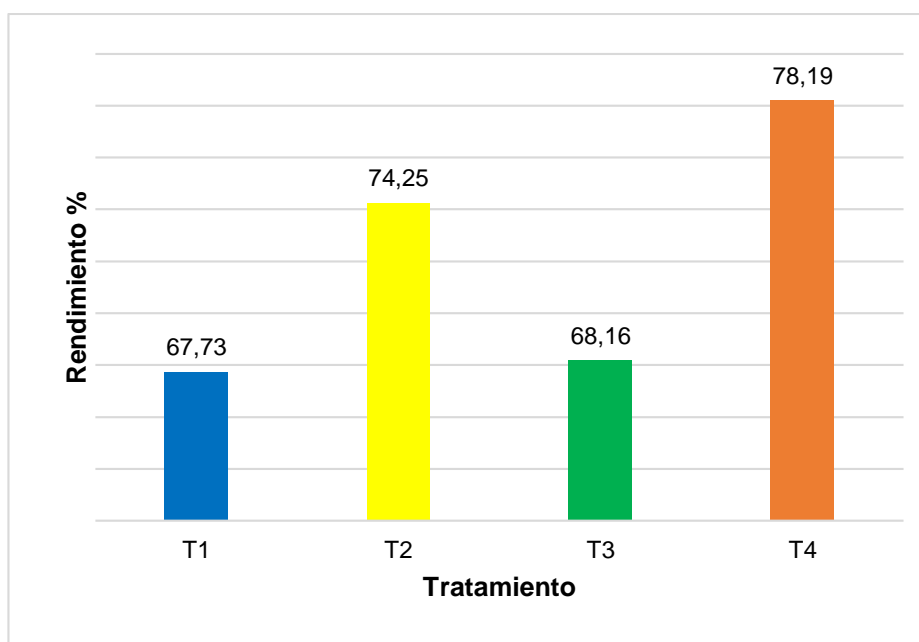


Figura 15: Rendimiento de compost de los tratamientos

4.1.2. Temperaturas

El registro de temperaturas se realizó en la parte central de cada pila de compost en horas de la mañana debido a que la planta de compostaje labora de 7:00 a 12:00.

a. Temperatura de las pilas

Como se muestra en la Tabla 10, los datos de temperatura tomados en el centro de la pila de cada tratamiento. Acorde a los datos que se ilustran en la (Figura 16) los tratamientos T1, T2, T3 y T4, iniciaron su proceso de compostaje con una temperatura registrada de 28°C, 30°C, 29°C y 32°C respectivamente. Para la segunda semana, se registró un alcance de temperatura máxima de los procesos con 45°C, 42°C, 53°C y 55°C. Al finalizar el proceso de obtención de compost cada tratamiento registró una temperatura de 14°C, 16°C, 17°C y 15°C señalando que el proceso de compostaje (etapa de maduración) concluyó.

Tabla 10: Temperatura de las pilas

Temperaturas °C				
Semana	T1	T2	T3	T4
25-sep-20	28	30	29	32
02-oct-20	45	42	53	55
09-oct-20	43	40	49	50
16-oct-20	42	39	45	49
23-oct-20	40	37	43	48
30-oct-20	38	34	38	41
06-nov-20	35	30	36	40
13-nov-20	32	29	33	38
20-nov-20	29	26	32	37
28-nov-20	28	24	31	34
05-dic-20	27	25	29	33
12-dic-20	26	23	32	30
19-dic-20	24	22	27	29
23-dic-20	21	20	26	24
30-dic-20	18	17	22	19
09-ene-21	15	14	17	15

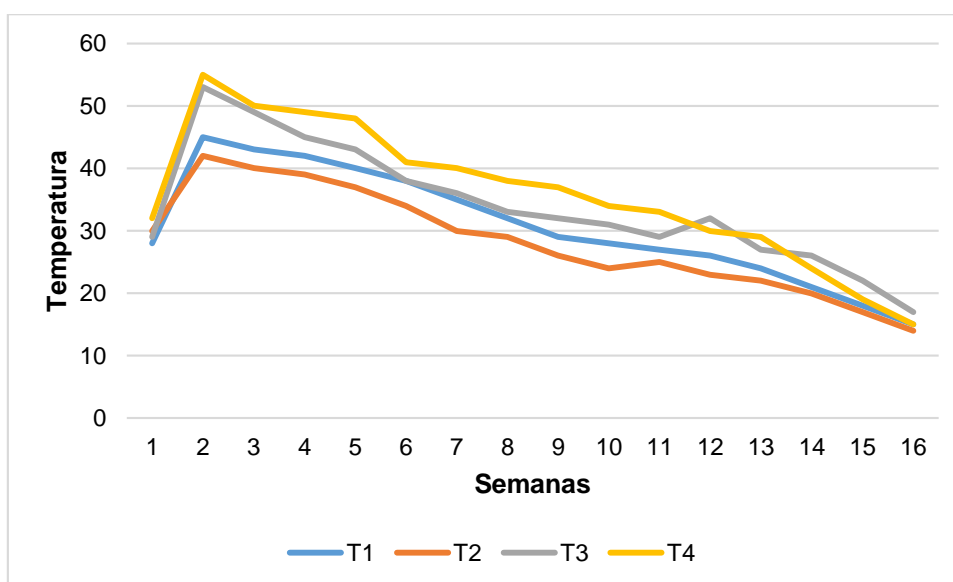


Figura 16: Temperaturas en el centro de las pilas

En la Figura 16 se observa el incremento de temperatura que se formó en el centro de las pilas durante su elaboración, en donde la temperatura más elevada alcanzada por este proceso se logró en la segunda semana con un rango de 45 a 55 °C. mostrando un óptimo desarrollo del mismo. La temperatura es un factor importante para la degradación y reacciones bioquímicas, la variación de calor y generación de temperatura es manifestada por la actividad metabólica de los microorganismos que son los principales actores para atacar a la materia orgánica, mientras más elevada sea la temperatura más rápido es el proceso de degradación de materia (Soriano, 2016). En esta etapa Largo-Espinoza (2019), considera alcanzar temperaturas termófilas (40 a 90 °C) ya que para esta fase se necesitan temperaturas altas para combatir y eliminar microorganismos patógenos y hongos que se encuentran en la pila. A partir de la 4ta semana comienza el descenso de temperatura hasta llegar a la semana 15 en la cual mantiene una temperatura constante hasta alcanzar una temperatura de 15 a 17 °C que corresponde a la etapa final o de maduración que según Naranjo (2015) afirma que el proceso de compostaje concluyó.

4.2. Análisis del compost

4.2.1. Características químicas del compost

a. Nutrientes

La concentración más alta de los elementos nutritivos presentes en el proceso de compost se registró en el tratamiento 4 enriquecido con consorcios microbianos (Tabla 11).

Tabla 11: Concentraciones de micro y macro nutrientes presentes en el compost

Identificación	Nitrógeno(%)	Fósforo(%)	Potasio(%)	Calcio(%)	Magnesio (%)	Sodio(%)	Azufre(%)
T1	3,5	1,22	3,36	1,7	1,11	1,1	1,15
T2	4,5	0,98	4,58	1,2	1,53	0,55	2,44
T3	5,9	2,21	1,55	1,4	0,84	0,88	0,68
T4	7,3	3,34	5,62	2,8	2,94	1,63	3,77

Los porcentajes más altos de Nitrógeno (7,3 %), Fósforo (3,34 %), Potasio (5,62 %), Calcio (2,8 %), Magnesio (2,94 %), Sodio (1,63 %) y Azufre (3,77%) se constató en el tratamiento T4 con enriquecido con microorganismos como se ilustra en la Figura 17.

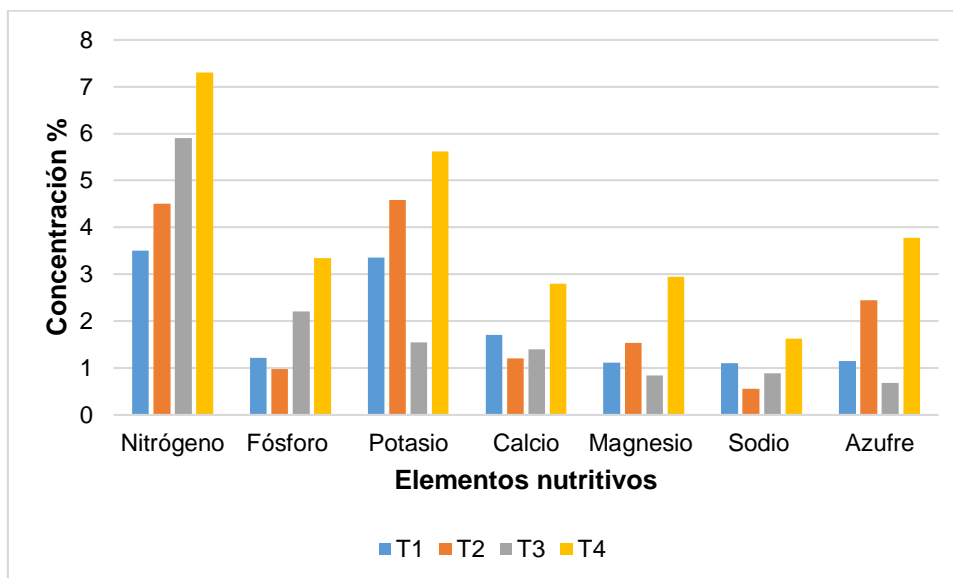


Figura 17: Porcentaje de macro y micro nutrientes presentes en el compost final

Para que un compost se pueda utilizar en el suelo directamente y sea clasificado como compost clase A, la norma chilena manifiesta que el nitrógeno debe ser igual o mayor a (0,8%) y el fósforo (0,1%), los cuatro tratamientos superan estos valores, cumpliendo con las características que señala la norma chilena (NCh2880, 2004).

De acuerdo a la investigación de Roman (2013) el porcentaje de concentración del potasio se encuentra entre 0,3% a 1% para ser considerado un abono de buena calidad siendo T2 el único tratamiento en cumplir con mencionados parámetros con un valor de (0,98%) ; T1, T3 y T4 superan mencionado cantidad consiguiendo valores similares a lo expresado por Soriano (2016).

El tratamiento T4 fue el que mayor concentración calcio, magnesio, sodio y azufre obtuvo. De acuerdo a la norma chilena estos micronutrientes no tiene límites permisibles y no son tomados en cuenta para determinar la calidad del compost (Pillco-Mamani, 2020). No obstante, Pauta (2015) expresa que son de gran importancia ya que son requeridos en dosis pequeñas para el metabolismo vegetal y animal (Pauta, 2015).

Los nutrientes en el compost presentan una gran diferencia entre los distintos tratamientos (Figura 18). La más alta concentración de nutrientes presente en los tratamientos se identificó en el consorcio microbiano 4, con Cobre (11 ppm), Zinc (44 ppm) y Boro (7,6 ppm) con respecto a los demás tratamientos

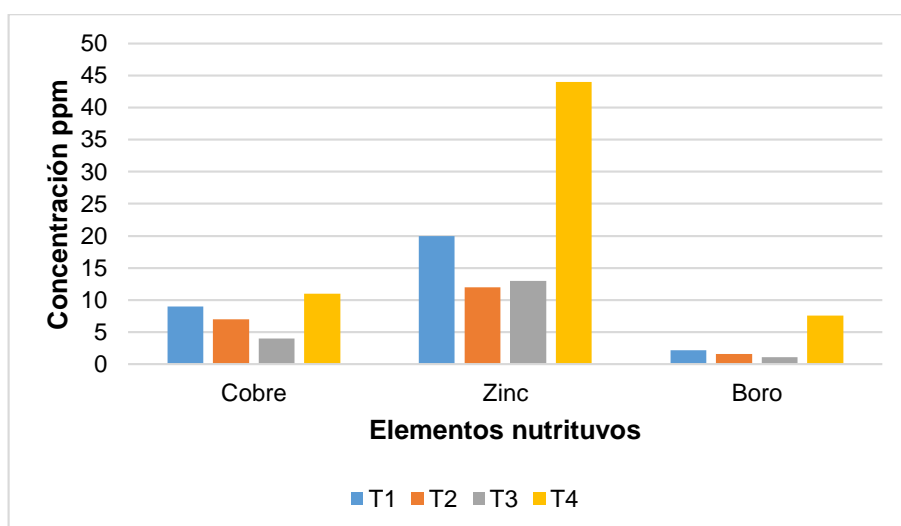


Figura 18: Concentración de micro elementos presentes en el compost final

Las concentraciones máximas de metales pesados que debe cumplir un compost de calidad Clase A establecidas por la norma chilena (NCh2880, 2004) son: cobre es 100 ppm y zinc 200 ppm, en esta investigación ninguno de los tratamientos supera estos valores, encontrándose en los rangos establecidos por la NCh2880 2004, concordando con la investigación de Vera-Rojas (2018) quien obtuvo datos similares para estos parámetros (cobre 15 ppm y zinc 42ppm).

b. Ácidos

Los ácidos húmicos de acuerdo con Yanzán-Rosero (2013) libera elementos nutritivos en el suelo y facilita su fertilidad, actúa en la nutrición de la planta y mejora directamente su crecimiento, funciona como estabilizador de pH, y evita que patógenos afecten a la raíz de la planta. La concentración de ácido húmico del tratamiento T4 es mayor en comparación a los demás tratamientos (Tabla 12).

Tabla 12: Ácidos presentes en el compost

Identificación	Á. Húmicos	Á. Fúlvicos
T1	1,5	0,5
T2	1,2	0,9
T3	0,9	1,1
T4	3,5	1,5

La más alta concentración de ácidos fúlvicos presentó el tratamiento 4 (Figura 19), este ácido es adecuado para las plantas ya que posee un bajo peso molecular haciendo que su raíz de absorba con mayor facilidad el ácido.

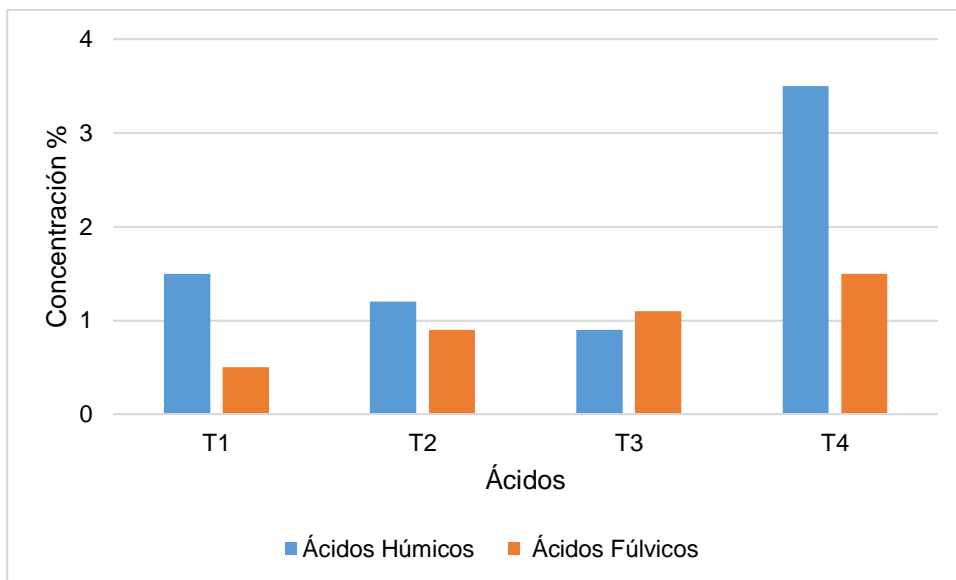


Figura 19: Ácido presentes en el compost

c. *Materia orgánica*

Los resultados de obtenidos por el laboratorio en el análisis de materia orgánica presente de compost, mostró que el tratamiento 2 (45,2%) y T4 (42,5) enriquecidos con microorganismos registraron la mayor cantidad de materia orgánica que los otros dos tratamientos (Figura 20). La norma chilena (NCh2880, 2004) acorde a los valores de materia orgánica que recomienda en el compost debe ser mayor o igual al 20% para que pueda ser utilizado y aplicado sin necesidad de ser mezclado con otros materiales, no obstante para que pueda estar considerado abono, la Organización Mundial de la Salud (1999), manifiesta que los valores de las muestras deben presentar en un rango de materia orgánica de 25 a 50% en este caso los 4 tratamientos superan estos valores por lo tanto cumple con lo establecido por las normas.

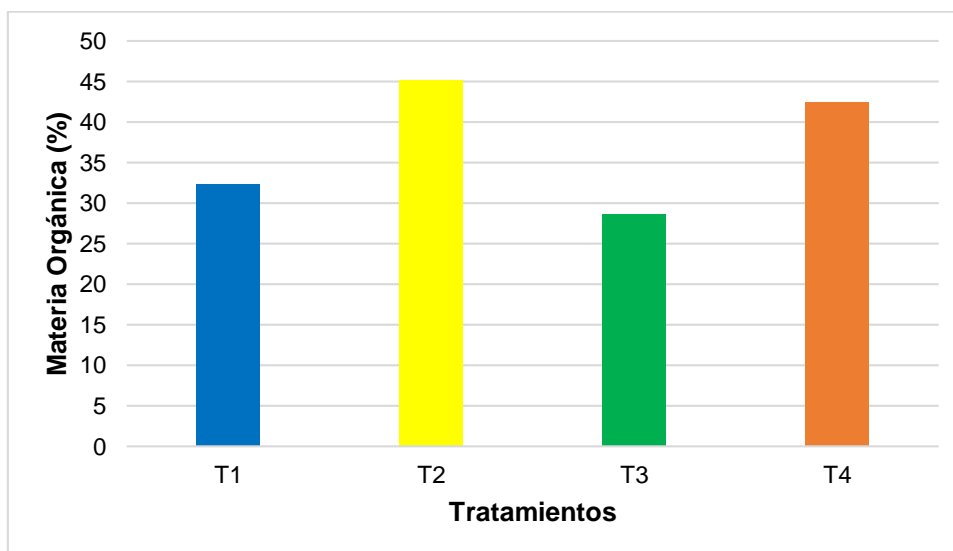


Figura 20: Porcentaje de concentración de material orgánico en el compost

En los tratamientos T1 a T4 se obtuvieron valores de concentraciones de materia orgánica del 28% al 45%, estos resultados fueron similares de acuerdo con el estudio de Largo (2020), en donde se obtuvo concentraciones del 34% al 41% empelado el mismo consorcio microbiano con la diferencia de preparación de materia prima. Naranjo (2015) en su investigación obtuvo

concentraciones inferiores de materia orgánica de 20% a 26% al utilizar una dosis de Microorganismos Eficientes.

d. pH

El porcentaje de concentración más alto de pH se registró en el tratamiento 3 (8,2), mientras que la concentración más baja pertenece al tratamiento 1 (6,62) (Figura 21). En base a lo expresado por la norma chilena (NCh2880, 2004), para el compost los valores de pH recomendados debe ser de 5 – 8,5 mientras que la Organización Mundial de la Salud (1999), manifiesta que el compost debe estar entre los rangos de 6 – 9. Los 4 tratamientos se mantienen dentro de los límites cumpliendo con lo que ambas normas establecen para los niveles de pH en el compost.

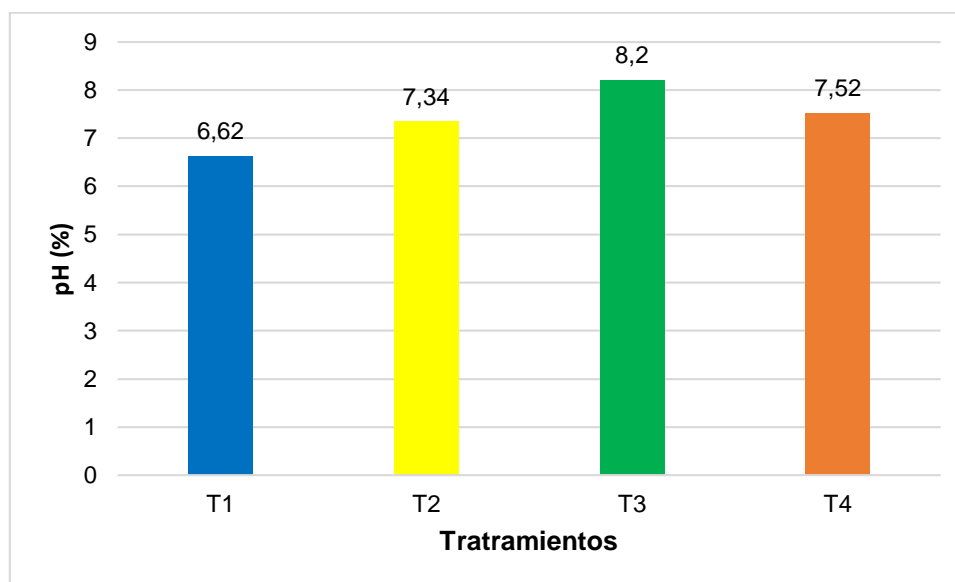


Figura 21: pH en los tratamientos de compost

En los tratamientos T1 a T4 se obtuvieron valores de potencial de Hidrogeno del 6% al 8%, estos resultados fueron similares de acuerdo con el estudio de Vallejo-Guerra (2017), en donde se obtuvo concentraciones del 7,51% al 7,90% inoculando microorganismos eficientes. De acuerdo con el estudio de Huaraca-Bazán (2020) en su investigación obtuvo valores de pH similares de 7,51% a 8,01% al utilizar tres de Microorganismos Eficientes de montaña.

e. Conductividad Eléctrica

El compost enriquecido con microorganismos benéficos presenta la más alta concentración de conductividad eléctrica como se muestra en la Figura 22. La norma chilena (NCh2880, 2004), dictamina que para compost clase A, los valores de conductividad tiene que ser menores a 3 dS/m y para compost clase B la cantidad es menor o igual 8 dS/m, el tratamiento T3 cumple con los valores que la norma establece para ser considerado compost Clase A, T1 y T2 cumplen con las características para ser considerado compost Clase B y el tratamiento 4 no cumple con ninguna de las clases ya que sobrepasa el límite propuesto.

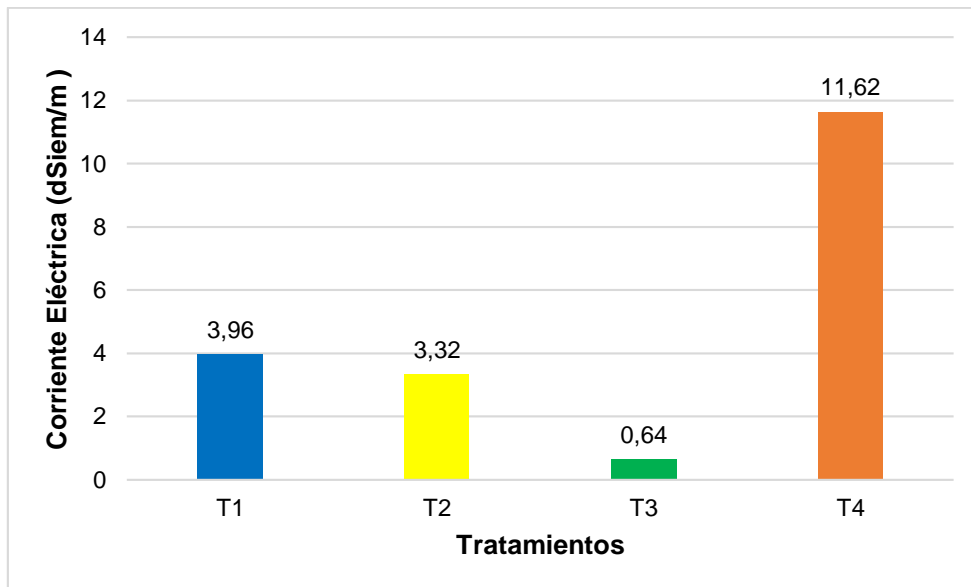


Figura 22: Conductividad eléctrica de los tratamientos de compost

Los tratamientos T1, T2 y T3 se encuentran dentro de los límites que establece la norma chilena (NCh2880, 2004) a excepción de T4. Acorde a Rafael-Ávila (2015) los valores obtenidos en su investigación son equivalentes, ya que tres de los cuatros tratamientos cumplen con la norma de calidad, con la diferencia que la materia prima utilizada fue gallinaza y estiércol vacuno obteniendo un compost catalogado como Clase A.

4.2.2. Características biológico del compost

El análisis biológico en cada tratamiento de compost, se comprobó que existe diferentes concentraciones y una gran variedad de microorganismo como se detalla en la Tabla 13.

Tabla 13: Microorganismos en los tratamientos

Microorganismos (log UFC/g)	T1	T2	T3	T4
<i>Acremonium acutatum</i>	1,322015	1,152457	0,321155	0,251021
<i>Actinomyces sp.</i>	1,201259	0,695485	2,352102	3,652015
<i>Apiospora sp.</i>	0,879876	0,521321	1,525499	0,632155
<i>Arthrobacter sp.</i>	0,563215	1,154742	1,554732	0,396215
<i>Aspergillus japonicus</i>	0,632569	1,132154	1,259531	0,632015
<i>Aspergillus sp.</i>	1,521246	1,125421	0,895322	2,965322
<i>Bacillus cereus</i>	0,215433	0,568542	1,251202	3,621548
<i>Bacillus subtilis</i>	0,986548	0,765214	1,653214	1,985623
<i>Bacillus polymyxa</i>	1,102355	0,698549	1,565215	1,956549
<i>Bacillus pumilus</i>	0,986549	0,653215	1,635325	2,953215
<i>Curtobacterium flacumafaciens</i>	0,695843	0,986137	0,653215	1,653216
<i>Glomus sp.</i>	0,784532	0,28462	1,532015	n.r.
<i>Micelia sterilia</i>	2,652315	1,523125	0,598565	n.r.
<i>Mortierella sp.</i>	0,235848	0,854657	1,154322	0,356846
<i>Mucor mucedo</i>	1,325124	1,568955	0,986532	0,586625
<i>Myrothecium verrucaria</i>	0,965322	0,965322	2,653215	1,653216
<i>Nanizia sp.</i>	1,203015	1,521249	1,956214	0,653214
<i>Nectria sp.</i>	0,865421	0,698784	2,653215	2,965329
<i>Nigrospora sphaerica</i>	1,203255	1,658549	3,695621	2,898562
<i>Paecilomyces variotii</i>	0,695632	0,956321	2,655329	3,652108
<i>Periconia macrospina</i>	1,201248	2,650125	3,620165	2,95632
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,751248	0,895412	1,20121	2,652013
<i>Rhizopus sp.</i>	0,532149	n.r.	2,653215	3,956322
<i>Saccharomyces spp</i>	n.r.	1,158452	0,95622	1,653202
<i>Streptomyces griseus</i>	0,899851	0,784518	1,65472	2,095851
<i>Thiobacillus sp.</i>	0,320141	n.r.	2,585218	1,986549
<i>Trichoderma koningii</i>	0,986512	1,142584	1,521015	0,532124

Fuente: Bionika biodesintel Cia.Ltda

En el proceso de compostaje los microorganismos predominantes en tratamiento T1 son: *Micelia sterilia* 2,652315 (log UFC/g), *Aspergillus sp.* 1,521246 (log UFC/g), *Mucor mucedo* 1,325124 (log UFC/g) y *Acremonium acutatum* 1,322015 (log UFC/g).

En el tratamiento T2 los microorganismos con mayor cantidad encontrados son: *Periconia macrospina* 2,650125 (log UFC/g), *Nigrospora sphaerica* 1,658549 (log UFC/g), *Mucor mucedo* 1,568955 (log UFC/g) y *Micelia sterilia* 1,523125 (log UFC/g).

Los microorganismos predominantes en el tratamiento T3 son: *Nigrospora sphaerica* 3,695621 (log UFC/g), *Periconia macrospina* 3,620165 (log UFC/g), *Paecilomyces variotii* 2,655329 (log UFC/g) y *Myrothecium verrucaria* 2,653215 (log UFC/g).

Y finalmente en el tratamiento T4 los microorganismos presentes son: *Rhizopus sp.* 3,956322 (log UFC/g), *Paecilomyces variotii* 3,652108 (log UFC/g), *Actinomyces sp.* 3,652015 (log UFC/g) y *Bacillus cereus* 3,621548 (log UFC/g).

El tratamiento T3 y el tratamiento T4 muestra mayor cantidad de concentración de microorganismos (log UFC/g), con una notable diferencia en concentración para los tratamientos con muestras T1 y T2.

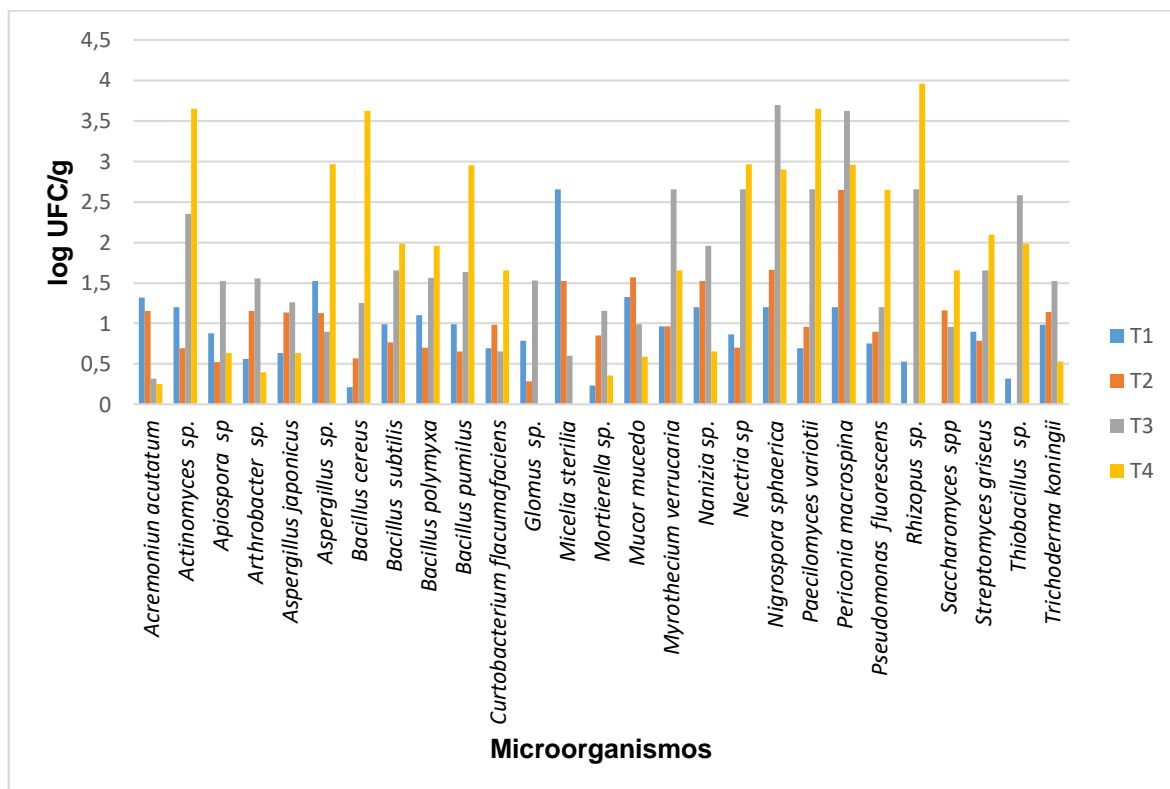


Figura 23: Concentración de microorganismos en los tratamientos

Los microorganismos tienen sustancias físicas y químicas que al estar interactuando con la materia orgánica, emanan sustancias provechosas y beneficiosas como minerales quelatados, vitaminas, ácidos orgánicos, y antioxidantes (Ñaupari-Alcoser, 2016), el aporte de microorganismos en el compost, acelera la transformación de la materia orgánica, aumentando la carga nutritiva en el compost influenciando favorablemente al proceso de descomposición, obteniendo mejores resultados y disminuyendo el tiempo de obtención de materia prima (Pillco-Mamani, 2020). Como se ilustra en la figura 23 los microorganismos presentes en el tratamiento T4, que denota superioridad en concentraciones obtenidas con respecto a los tratamientos T1, T2 y T3 son: *Rhizopus sp.*, *Paecilomyces variotii*, *Actinomyces sp.*, *Bacillus subtilis* y *Bacillus cereus*. De acuerdo a la investigación de Largo (2020), el compost enriquecido con consorcios microbianos benéficos fue el que obtuvo mayor diversidad microbiológica encontrando microorganismos como: *Actinomicetos sp.*, *Bacillus subtilis*, *Thiobacillus sp* y *Streptomyces sp.* concordando con la presente investigación.

Naranjo (2015), afirma en su investigación que aplicar microorganismos benéficos a la materia orgánica, reduce el tiempo de elaboración de compost, mejora la cantidad de nutrientes apareciendo numerosas colonias de bacterias, hongos, entre otro. Por otro lado, los microorganismos como bacterias, ascomicetos y hongos sometidos a situaciones controladas, pueden rendir de manera eficiente suministrar grandes cantidades de restos orgánicos mejorando la fertilidad del suelo y aumentando la cantidad de nutrientes presente en el mismo (Soriano, 2016).

4.2.3. Extrapolación de datos de producción de compost a nivel de ciudad.

En la Tabla 14 se muestra el peso inicial, peso final y rendimiento.

La ciudad de Cuenca como señala el INEC, consta con una población aproximadamente de 636996 habitantes, la generación per-cápita en la zona urbana genera un promedio de 0,84 kg/día (Coronel, 2020).

Tabla 14: Rendimiento del compost

Tratamiento	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Rendimiento (%)
T1	480	325,1	67,73
T2	480	356,4	74,25
T3	310	211,3	68,16
T4	310	242,4	78,19

Con base al rendimiento, el tratamiento T4 es el que mayor valor posee (78,19) del mismo se obtuvo la eficiencia y la carga sacada del compost como se muestra en la Tabla 15

Tabla 15: Eficiencia del compost

Tratamiento	Semanas al año	Tiempo de obtención de compost (Semana)	Carga sacada de Compost	Eficiencia del Compost %
Otros	52	16	3,25	100
T4	52	13	4	123

Acorde a la EMAC EP (2022) diariamente el relleno sanitario recibe 510 toneladas de residuos sólidos diarios, Solano et al., (2020) manifiesta que de ese total corresponde el 55% a materia orgánica, obteniendo un valor de 280,5 ton/día de restos orgánicos, mientras que el valor anual es 102382,5 toneladas.

Para la presente investigación se extrapoló datos para 10 años (Tabla 16) ya que EMAC EP (2022) argumenta que el relleno sanitario de Pichacay tiene una vida útil hasta el 2032. Solano et al., (2020) afirma que el costo por tonelada de residuos sólidos es 50 USD/ton, brindándole un tratamiento adecuado a los residuos orgánicos se conseguiría una vida útil más prolongada para el relleno sanitario y económicamente viable.

Tabla 16: Producción de compost anual

Año	4% de recuperación diaria	USD/ton
1	11,22	561
2	22,44	1122
3	33,66	1683
4	44,80	2240
5	56,10	2805
6	67,32	3366
7	78,54	3927
8	89,76	4488
9	100,98	5049
10	112,232	5611,6

Con una recuperación del 4% de compost, en el año 10 se obtendrá un valor de 40964,68 ton/año y un ahorro económico de \$2048234, siendo un resultado amigable para el ambiente ya que se incrementaría el tiempo de duración de vida útil del relleno sanitario y se obtiene un ahorro económico alto.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la actual investigación, se presentan las siguientes conclusiones:

- Los tratamientos T2 y T4 que fueron compost enriquecido con consorcios microbianos benéficos de muestra vegetal de col al 5% obtuvieron mejores resultados con respecto a los tratamientos T1 y T3 que no se aplicaron microorganismos benéficos en parámetros de calidad.
- La aplicación de microorganismos benéficos influye directamente sobre la calidad del compost final, ya que incrementa la concentración de nutrientes en el compost, acelera la degradación de los restos orgánicos y se obtiene un abono enriquecido carga microbiana, como muestran los tratamientos T2 y T4.
- La inoculación de consorcios microbianos benéficos aumenta los niveles de elementos nutritivos en el compost como se demuestra en el tratamiento T4 siendo apto y recomendable para el uso ambiental en reforestaciones y recuperación de áreas verdes afectadas por incendios forestales.
- Todos los tratamientos en cuanto a materia orgánica, fósforo y nitrógeno cumplen con la normativa chilena (NCh2880 - 2004), lo que indica que son abonos orgánicos que pueden ser utilizados para favorecer al ambiente para el crecimiento de una planta o usado directamente en el suelo.
- El tratamiento T4, residuos provenientes de la Cdla. Laguna del Sol con aplicación de microorganismos benéficos presentó mayor rendimiento en la producción de compost anual considerándose una alternativa para el compostaje a nivel de ciudad, siendo una alternativa amigable con el ambiente.

CAPÍTULO VI

6. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones obtenidas, se presenta las siguientes recomendaciones:

- Evaluar biopreparados obtenidos de la filósfera de varias especies vegetales de la región, en el compostaje de residuos orgánicos domiciliarios.
- Realizar una investigación aplicando compost enriquecido con consorcios microbianos en la siembra y desarrollo de especies vegetales.
- Ejecutar una investigación aplicando microorganismos benéficos en los residuos orgánicos a nivel de hogar, para evaluar la calidad y rendimiento del compostaje domiciliario.
- Evaluar la inoculación de diferentes dosis de microorganismos en sistemas de compostaje cerrados.
- Proponer a la EMAC EP el uso de microorganismos beneficios en el proceso de compostaje con la dosis probada en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Vera, M. (2018). *Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay - Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3097>
- Alvarez-Vera, M., Largo, A., Iglesias-Abad, S., & Castillo, J. (2019). Quality of compost obtained from hen manure, with application of beneficial microorganisms. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 353–361. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.05>
- Andalucía, L. (2000). Sistemas y técnicas para el compostaje. *Junta de Andalucía*, 1, 7. [http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000 Compost CIEMAT.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf)
- Ansorena, J., Merino, D., & Batalla, E. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos , enmiendas y abonos orgánicos. In *Escuela Agraria Fraisoro*. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/140711evaluar_compost_ansorena
- Barrena-Gómez, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso*. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Bustos, C. (2010). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, 0(27), 121–144. <https://www.redalyc.org/pdf/1956/195614958006.pdf>
- Carabacho-Ucho, V. E., & Marca-Paucar, R. C. (2017). *Evaluación financiera, económica y social del proyecto para la creación de la planta de compostaje EMAC EP* (Vol. 53, Issue 9). [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27354/1/Trabajo de Titulación.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27354/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf)
- CONGOPE. (2009). *Aprovechamiento de residuos orgánicos para la elaboración de compost y humus en el cantón Cuenca*. 1, 1–2. <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/05FP10-0101-res.pdf>
- Consortio Provincial de Residuos Sólidos Urbanos. (2019). *Residuos Sólidos Orgánicos*. <http://www.consorciosumalaga.com/5936/residuos-organicos>
- Córdova-Rengifo, J. (2016). Evaluación de parámetros físicos, químicos y biológicos de los lodos Residuales de las lagunas de oxidación (EPSEL) en la elaboración de compost. *Universidad Cesar Vallejo*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/32289>
- Coronel, C. (2020). *Caracterización de residuos generados por la actividad comercial en el centro Histórico de la ciudad de Cuenca y rediseño de rutas de los recicladores 2019*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18917/1/UPS-CT008808.pdf>
- De La Peña-Nolverto, C. P. (2019). Microorganismos eficientes en la producción de compost con pollinaza en Rio Negro. In *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS. ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL - Satipo, Perú*. [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5298/De la Peña.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5298/De%20la%20Pe%C3%B1a.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Dugllay-Tenecela, W. E. (2016). Evaluación del ciclo presupuestario en la empresa publica municipal de ase de Cuenca (EMAC EP), para eñ perido fiscal 2016. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30944>
- EMAC EP. (2022). II memoria de sostenibilidad. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 5–24. <https://emac.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/MEMORIA-DE-SOSTENIBILIDAD.pdf>
- FUNDASES. (2015). *Principales microorganismos EM.Tecnología EM*. <http://www.fundases.net/#!biotecnologas/c24wy>
- García-Blasquez, X. P. (2017). *Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de Microorganismos Eficientes en un proceso de compostaje*.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2823/Q70-P7-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Grupo Banco Mundial. (2016). *Basura Cero - Los residuos sólidos en el epicentro del Desarrollo Sostenible*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2016/03/03/waste-not-want-not---solid-waste-at-the-heart-of-sustainable-development>
- Higa, T. (2013). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenible. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Huaraca-Bazán, K. (2020). Diferentes protocolos de obtención y activación de microorganismos eficientes de montaña sobre las características fisicoquímicas de abonos orgánicos. In *La Satisfacción De Las Necesidades De Los Clientes En Los Centros Veterinarios De La Ciudad De Tingo María*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1830>
- Jaramillo-Henao, G. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia* (Issue May). <http://tesis.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- Jiménez, N. M. (2017). El residuo: producto urbano, asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral. *Cultura y Representaciones Sociales*, 11(22), 158–192. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-81102017000100158&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Juárez-Mendoza, M. A. (2012). *Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura*. 1–122. http://pirhua.udep.edu.pe/handle/123456789/1728%0Ahttps://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1728/ING_515.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1728%0Ahttps://hdl.handle.net/11042/1728
- Laich, F. (2011). *El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. I*, 1–7. <https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades-pt/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo-pt/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file#:~:text=Las bacterias son las más,gran variedad de compuestos orgánicos.>
- Largo-Espinoza, : Ana Karina. (2019). *Estudio de compost a partir de excretas de aves, con aplicación de microorganismos benéficos en la ciudad de Cuenca*. 1–47. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Mac-Donnell, M. T. C. (2018). *Producción, aplicación y beneficios de los extractos acuosos del compostaje (té de compost)*. <http://hdl.handle.net/11185/1173>
- Melendrez-Moreto, N. (2019). Compostaje de residuos sólidos orgánicos utilizando microorganismos eficientes en el distrito de Cacatachi. *Universidad Peruana Unión*, 1–83. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/1777>
- Naranjo, E. I. (2015). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost*. 78. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/5310>
- Ñaupari-Alcoser, E. (2016). *Evaluación de diferentes dosis de microorganismos eficientes (ME) en cultivo de Zea mays L. (Maíz amarillo duro) en la zona de Satipo*. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/4021>
- NCh2880. (2004). *Norma Chilena Oficial*. 27. https://miros.cl/wp-content/uploads/2020/01/NCh_2880_Compost_Clasificación.pdf
- Negro, M., Villa, F., & Aibar, J. (2018). *Producción y gestión del compost*. 2 1, 1–31. <http://hdl.handle.net/10261/16792>
- Organización Mundial de la Salud. (1999). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos*. <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

- Pauta, G. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial de la parroquia el Valle*. 1(1), 300. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0160026660001_PDOT_EL VALLE 2015_30-10-2015_23-07-35.pdf
- Peralta, N., Bernardo de Freitas, G., Watthier, M., & Silva Santos, R. H. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2), 59–66. <https://doi.org/10.4067/s0718-34292019000200059>
- Pillco-Mamani, K. (2020). *Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces*. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12303/Yana_Aydee_Quispe_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Plaza-Patiño, J. M. (2018). *Impacto del tipo de cobertura forestal sobre las propiedades edáficas en una zona de bosque montano en el Parque Nacional el Cajas , provincia del Azuay*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30305>
- Rafael-Ávila, M. D. P. (2015). Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga – Huancayo. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 109. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3511>
- Roman, P. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388S.pdf>
- Solano, J., Solíz, M., Durango, J., & Yépez, M. (2020). Cartografía-residuos-sólidos-Ecuador-2020. In *Universidad Andina Simon Bolivar* (Vol. 1, Issues 978-9942-837-29–5).
- Soriano, J. (2016). Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces - Concepción. In *Universidad Nacional del Centro del Perú*. http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3487%0Ahttp://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano_Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Suárez-Rivadeneira, J. E. (2019). *Compostaje para agricultura urbana y periurbana: ¿ es posible el compostaje de residuos orgánicos a escala municipal en Sáenz Peña (Chaco, Argentina) para*. <https://dspace.unia.es/handle/10334/5503>
- Tello-Espinoza, P., Campani, D., & Sarafian, D. (2005). *Gestión integral de residuos sólidos urbanos*. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/08/GESTION-INTEGRAL-DE-RESIDUOS-SOLIDOS-URBANOS-LIBRO-AIDIS.pdf>
- Tituaño-Morocho, B. E. (2013). Elaboración de compost mediante la inoculación de tres fuentes de microorganismos a tres dosis. tabacundo, Pichincha. *Encephale*, 53(1), 59–65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>
- Vallejo-Guerra, S. (2017). *Elaboración de compostaje con los residuos sólidos orgánicos e la parroquia rural de limoncocha con fines de valorización*. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2640>
- Vera-Rojas, S. P. (2018). *Elaboracion De Compost a Partir De Los Residuos Orgánicos Generados En La Limpieza De Planta De La Empresa Copeinca Sac*. 1–113. <http://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1475/MIN-VER-ROJ-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1475>
- Weather Spark. (2021). *El clima promedio en Cuenca*. <https://es.weatherspark.com/y/19348/Clima-promedio-en-Cuenca-Ecuador-durante-todo-el-año>
- Yañez, P., Levy, A., & Azero, A. (2007). Evaluación del compostaje de residuos de dos agroindustrias palmiteras del Trópico de Cochabamba en silos hiperventilados. *Acta Nova*, 3, 720–735. <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/ran/v3n4/v3n4a06.pdf>

Yanzán-Rosero, D. O. (2013). *Descomposición microbiológica de desechos orgánicos vegetales originados en la Universidad Central del Ecuador.*
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2122>

ANEXOS

Anexo 1: Análisis físico- químico de los tratamientos de compost

DATOS DE IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PROPIETARIO	Leopoldo Pauta
O REMITENTE:	lp
CODIGO DE CUENTE:	lp-1
NOMBRE DE LA PROPIEDAD:	
TEL:	72898005
E-MAIL:	elpauta@sudamericana.edu.ec
TIPO DE ANALISIS:	ANALISIS QUIMICO DE COMPOST
LOTE NUMERO:	No determinado

FECHA DE MUESTREO:	29/06/2021
FECHA DE INGRESO:	29/06/2021
ORDEN DE TRABAJO No.:	PSL 205
FECHA DE INFORME LAB.:	05/07/2021
FACTURA No.:	4761

BELLAVISTA DE CARRETAS
CALLE N75B Y N6
TEL: 6023531 - 0999796977

E-MAIL: PLANTSFERELABS@BIOSOFTWARE.DE
WWW.BDKI.EU
QUITO - ECUADOR

RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE ABONOS ORGANICOS

Identificación	No. Lab.	pH	C.EIéc.	N.Total	M.O	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	REL. C/N	ACID HUMICOS	ACIDOS FULVICOS
		mSiem/cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Relación C/N	%	%
			Nitrógeno	M.Org.	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Azufre	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc	Boro				
T1		6,62	3,96	3,50	32,3	1,22	3,36	1,7	1,11	1,10	1,15	408	9	122	20	2,2	2,1	1,5	0,5
T2		7,34	3,32	4,50	45,2	0,98	4,58	1,2	1,53	0,55	2,44	312	7	98	12	1,6	1,3	1,2	0,9
T3		8,20	0,64	5,90	28,6	2,21	1,55	1,4	0,84	0,88	0,68	95	4	144	13	1,1	0,8	0,9	1,1
T4		7,52	11,62	7,30	42,5	3,34	5,62	2,8	2,94	1,63	3,77	522	11	181	44	7,6	2,9	3,5	1,5

ESTABILIDAD	T1	T2	T3	T4
Temperatura	Estable	Estable	Estable	Estable
COLOR	Marrón	Marron	Marron	Marron
OLOR	Sin olor	Tierra	Humico	Humico
No. Termofilos	drecreciente	drecreciente	Medio	Medio
RESPIRACION	< 10 mg g	< 8 mg g	< 4 mg g	< 8 mg g
DOO	< 700 mg ps	< 500 mg ps	< 500 mg ps	< 500 mg ps
ATP	Estable	Estable	Estable	Estable
ACTIVIDAD	incrementa	incrementa	Estable	Estable
ENZIMAS	Estable	hasta	Estable	Estable
HIDROSOLUBLES	Estable	Estable		
POLISACARIDOS	< 30 mg gluc g	< 20 mg gluc g	< 10 mg gluc g	< 10 mg gluc g
REDUCCION	30%	23%	12%	10%
DE AZUCARES				

DR. CARLOS FALCONI BORJA PH.D.
LABORATORIOS
Bionika Labs
0999796977 - 0988087239
www.BDKI.EU

Anexo 2: Análisis microbiológico de los tratamientos de compost



Fecha de Muestreo: 29/6/2021
 Fecha de Laboratorio: 5/7/2021
 Solicitado por: Leopoldo Pauta
 Orden de trabajo: psl 205
 Sustrato: Compost
 Tipo de Analisis: Biograma Microbiano
 Factura No: 4761
 email: to@sudamericana.e

METODOLOGIA
 Observación directa (OD).
 Colorimetría de muestras de estados inducidos (CMES).
 Análisis en Microplots (AMP: MA, APD, NA, KB, KA).
 Microscopía N/C.O.
 Cámara Microscópica Infiltrada (CMI).
 Difusión Microscópica Normanski (DMN).
 Reacción Enzimática Microbiana (REM)

MICROORGANISMOS	T1	T2	T3	T4	EVALUACIONES BIOCATALITICAS
	log cfu g-1				
<i>Acremonium acutatum</i>	1,322015	1,152457	0,321155	0,251021	eficiente desdoblador de lignina, estrictamente aerobio, afin a pH acidos, habil solubilizador de sustratos lignofílicos
<i>Actinomyces</i> sp.	1,201259	0,695485	2,352102	3,652015	importante productor de antibioticos, en nucleos de materia organica mineralizada, se visualizan como colonias de color blanco
<i>Apiospora</i> sp.	0,879876	0,521321	1,525499	0,632155	formador de micelas edaficas, polimeros quelatantes de material mineral originario de la mineralizacion de la materia organica
<i>Arthrobacter</i> sp.	0,563215	1,154742	1,554732	0,396215	biocatalizador de materia organica, desdoblador ligno y celulolítico biocatalizador de S, con mecanismos acidificadores del medio.
<i>Aspergillus japonicus</i>	0,632569	1,132154	1,259531	0,632015	biocatalizador de aminoácidos en lechos de compost, con exudaciones de color amarillo, metabolitos agricolas.
<i>Aspergillus</i> sp.	1,521246	1,125421	0,895322	2,965322	micelio superficial, con exudaciones marron amarillas, forma colonias independientes
<i>Bacillus cereus</i>	0,215433	0,568542	1,251202	3,521548	solubilizador y quelatizador de componentes potasicos, eficiente productor de biopolimeros.
<i>Bacillus subtilis</i>	0,986549	0,765214	1,653214	1,986523	eficiente productor de antibioticos fitinicos y surfactivos y amplia fama de biopolimeros con diferentes estructuras moleculares
<i>Bacillus polymyxa</i>	1,102355	0,698549	1,565215	1,956549	solubilizador micotico de estructuras por sus metabolitos por medio de bacitracinas
<i>Bacillus pumilus</i>	0,986549	0,653215	1,653225	2,953215	poblaciones dependientes de condiciones de pH acidos y alta temperatura especialmente al inicio de la fase de alta temperatura
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	0,695843	0,986137	0,653215	1,653216	saprotrofito identificado dentro de las poblaciones de regulacion de maduracion de compost, deben disminuir p ser maduras
<i>Glomus</i> sp.	0,784532	0,28462	1,532015	n.r.	micorriza especialmente importante en la ultima fase de la produccion de compost de forma colonias translucidas, incoloras
<i>Micelia sterilia</i>	2,652315	1,523125	0,598565	n.r.	micorriza especialmente importante en la ultima fase de la produccion de compost de apariencia blaquescina filamentosa
<i>Mortierella</i> sp.	0,235848	0,854657	1,154322	0,356846	saprotrofito, desdoblados de materia organica, aporta con acidos organicos que regulan el pH del sustrato.
<i>Mucor mucedo</i>	1,325124	1,568955	0,986532	0,586625	desdoblador de materia organica en todas fases de transformacion, notoria es su produccion de acidos humicos y fulvicos
<i>Myrothecium verrucaria</i>	0,965322	0,965322	2,653215	1,653216	regulador de poblaciones nematoda en general en materia organica por medio de lisis de pared celular
<i>Nanizia</i> sp.	1,203015	1,521249	1,956214	0,653214	ensambla lignodulifonatos, complejos de materia organica, forma parte del ciclo del carbono organico de suelo COS
<i>Nectria</i> sp.	0,865421	0,698784	2,653215	2,965329	ascomicetos desdobladores de materia organica, bioindicadores de la madurez del compost, aportan con m organica
<i>Nigrospora sphaerica</i>	1,203255	1,658549	3,695621	2,898562	biocatalizador de acidos humicos, que los acopla en complejos organicos en forma de clusters.
<i>Paecilomyces variotii</i>	0,695632	0,956321	2,655329	3,652108	regulador de poblaciones nematoda en general en materia organica por medio de lisis de pared celular
<i>Periconia macrospina</i>	1,201248	2,650125	3,620165	2,95632	ensambla acidos fulvicos, la concentracion depende de su contenido poblacional.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,751248	0,895412	1,20121	2,652013	bacteria benefica, localizada especialmente en procesos de quelacion de hierro, se la considera como una bacteria BPC
<i>Rhizopus</i> sp.	0,532149	n.r.	2,653215	3,956322	biocataliza biomoléculas organicas complejas, con minerales edaficas, los quelatos son inestables, depende de pH
<i>Saccharomyces</i> spp	n.r.	1,158452	0,95622	1,653202	transiente, con pocas posibilidades de anclaje al sustrato, no es especificos de este pocas posibilidades de subsistencia
<i>Streptomyces griseus</i>	0,899851	0,784518	1,65472	2,095851	forma amplia gama de sustancias antibioticas, forma colonias independientes de color blanco intenso, pequeñas de 2 a 3 mm de diametro.
<i>Thiobacillus</i> sp.	0,320141	n.r.	2,585218	1,986549	biocatalizador y predigestor de azufre, incluso en la formacion de proteinas comejas.
<i>Trichoderma koningii</i>	0,986512	1,142584	1,521015	0,532124	biestimulante de sistema radicular por la formacion de auxinas fungales, tanto en la formacion de biomasa.

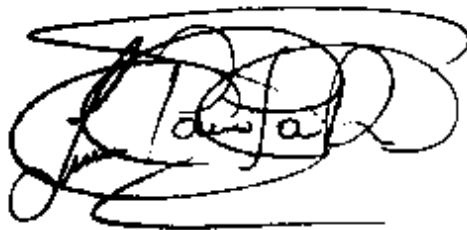
CONCLUSIONES.
 1. El biograma (BGRM) muestra la factibilidad de implementar o comprobar tecnologías de BIOCATALIZACION en materia de bioremediación o aplicación agrícola
 2. Se considera que los agentes de Biocatalización son nativos de la zona, resistentes a la presión de selección agroquímica tradicional y con desarrollo paralelo al microorganismo nocivos.
 3. El BGRM, muestra el tipo de sistema organico en estudio, donde cinética de producción de abonos es sincronica en todas las fases de producción, amplia capacidad de respuesta a procesos de adaptación sensibilidad agroquímica, agresividad, tolerancia, aclimatación, etc.
 4. El soporte nutricional de los componentes del microcosmos puntualizados en este análisis son exclusivamente expresados por el sustrato donde la mayor destreza de consumo lo muestran la versatilidad de los biocatalizadores, la expresión bioquímica es sincronica a la población microbiana existe un equilibrio entre la materia prima y el resultado de la biocatalización de estos.
 5. La Biocatalización continúa con la mejora del medio donde se programa su aplicación con beneficio bioquímico, microbiológico, biofísico y mineral. con la bufferización microbiana mineral de suelo donde la mayoría de elementos se hacen mucho mas disponibles por efecto de mecanismos hacen mucho mas disponibles por efecto de mecanismos de quelatización, siderofortización de elementos nutricionales.

Carlos Falconi Borja Ph.D.
 BIONIKA Laboratorios
www.bdki.eu
plantspherelab@biosoftware.de
 098508315-090773664

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Jorge Leopoldo Pauta Riera** portador de la cédula de ciudadanía N.º 010575765-2. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Aplicación de microorganismos benéficos en compostaje de residuos orgánicos, caso de estudio: Cdba. Laguna del Sol y planta de compostaje del Valle”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **04 de mayo de 2022**



F:

Jorge Leopoldo Pauta Riera

010575765-2