



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

INFLUENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL APROVECHAMIENTO

ECOLÓGICO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título BIÓLOGA

ANABEL CRISTINA VALDEZ MANZABA

TUTOR: Blga Erika Salavarría Palma PhD.

LA LIBERTAD – ECUADOR 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL
PENINSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

INFLUENCIA DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EN
EL APROVECHAMIENTO ECOLÓGICO DE RESIDUOS
ORGÁNICOS

TRABAJO DE TITULACIÓN
Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

ANABEL CRISTINA VALDEZ MANZABA

TUTOR: Blga Erika Salavarría Palma PhD.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de Titulación a mi papá Jorge Humberto Valdez Zapata y a mi mamá por apoyarme y buscar los medios para hacerlo, Elsa Cristina Manzaba Alvarado por ser esa mujer fuerte y valiente a pesar de las circunstancias que se nos presentaron como familia aprendimos a tener resiliencia y salir adelante te admiro tanto. Todo esto es gracias a ti y a papá.♥

A mi pequeña hermanita María José Valdez Manzaba y Evelyn Tatiana Valdez Manzaba las quiero muchísimo, sueñen en grande, porque tenemos un Dios grande.♥

A mi persona favorita Holger Javier Masache Granda por apoyarme en todo, escucharme, estar pendiente de mis necesidades, y sacarme por momentos de mi caos te quiero tanto ♥

A mis amigas Sheylla y Nicole por siempre estar en las risas y los llantos, sin duda me hicieron más ligera la carrera. Biologuitas de la República del Ecuador ♥

A la música porque es y será siempre un ancla en mi vida, sin los acordes y melodías no hubiera podido encontrarme conmigo misma. ♥

Para todos aquellos que tuvimos que salir de casa con la mochila llena de sueños e ilusiones a empezar en un lugar desconocido para hacer realidad nuestras metas, les recuerdo que aunque parezca que no...

SI SE PUEDE!

Anabel 

AGRADECIMIENTO

A Dios porque nunca me ha abandonado, aun cuando todo tenía tonos grises, me dio la fortaleza para seguir.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por ser mi casa de formación académica y a sus docentes con vocación para enseñar.

A mis padres, por su apoyo moral económico y fortalezas durante todo el periodo académico, sin ustedes no lo hubiera logrado, espero poder devolver todo lo que me han brindado.

A mi Tutora la Blga. Erika Salavarría Palma PhD, y al Blgo. Javier Soto PhD por su tiempo, conocimientos científicos, consejos y orientación que me ayudaron muchísimo para llevar a cabo este trabajo de Titulación.

A los Biólogos Denisse Tomalá, Xavier Piguave y María Elena Plúas MSc. por hacerme amar la carrera, ser excelentes docentes e impartir sus clases con mucha dedicación.

A todos aquellos que en algún momento me han extendido la mano de alguna manera gracias infinitas, ahora puedo cristalizar mi objetivo al salir de casa.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Firmado electrónicamente por:
RICHARD GONZALO
DUQUE MARIN



Firmado electrónicamente por:
JIMMY AGUSTIN
VILLON MORENO

Blgo. Richard Duque Marín, Mgt. Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

DECANO

DIRECTOR



Firmado electrónicamente por:
ERIKA ALEXANDRA
SALAVARRIA PALMA



Firmado electrónicamente por:
SONNYA PATRICIA
MENDOZA LOMBANA

Blga. Erika Salavarría Palma Ph.D. Ac. Sonnya Mendoza Lombana, Ph.D.

DOCENTE TUTOR

DOCENTE DE ÁREA



Firmado electrónicamente por:
MARIA MARGARITA
RIVERA GONZALEZ

Ab. María Rivera González, M.Sc.

SECRETARIA GENERAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este trabajo de integración curricular me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Anabel Cristina Valdez Manzaba', is written over a horizontal line.

Anabel Cristina Valdez Manzaba

1755045406

ÍNDICE

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
GLOSARIO	9
SIMBOLOGÍA.....	10
ABREVIATURAS.....	11
CAPÍTULO I.....	12
1.INTRODUCCIÓN	12
2.PROBLEMÁTICA.....	15
3.JUSTIFICACIÓN	16
4.OBJETIVOS	17
4.1OBJETIVO GENERAL.....	17
4.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
5.HIPÓTESIS.....	18
CAPÍTULO II	19
6.MARCO TEÓRICO.....	19
5.1 Perspectiva mundial frente a los Residuos Sólidos Urbanos RSU	19
5.2 Economía Circular	20
5.3 Situación en el Ecuador.....	20
5.4 Breve Situación en la Provincia de Santa Elena	21

5.5 Breve situación en la Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE.....	21
5.6 Compostaje.....	22
5.5.1 Residuos vegetales	22
5.5.2 Aserrín como sustrato	22
5.5.3 Etapas del compostaje.....	23
5.5.3.1 Etapa inicial o mesofílica.....	23
5.5.3.2 Etapa termofílica	23
5.5.3.3 Etapa de enfriamiento	24
5.5.3.4 Etapa de maduración	24
5.5.4 Parámetros químicos dentro del compostaje.....	25
5.5.5 Parámetros físicos del compostaje	27
5.5.6 Diversidad microbiana y su rol en el compostaje aerobio	
28	
5.5.7 Microorganismos que intervienen en el compostaje....	28
5.5.8 Bacterias.....	28
5.5.9 Hongos	29
5.5.10 Protozoos.....	29
5.5.11 Actinomicetos	29
5.5.12 Microorganismos eficientes y su rol ecológico.....	30
5.5.13 Ventajas de Utilizar Microorganismos Eficientes.....	
.....	31

5.5.14 Los probióticos como microorganismos eficientes en Acuicultura	32
CAPÍTULO III.....	35
7. MARCO METODOLÓGICO.....	35
6.1 Área de estudio.....	35
6.2 Diseño Experimental.....	36
6.3 Prueba de Germinación en los tres tratamientos....	39
6.4 Análisis estadísticos	41
CAPÍTULO IV.....	42
8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	42
CAPÍTULO V	54
9. DISCUSIONES.....	54
10.CONCLUSIONES	56
11. RECOMENDACIONES	57
12. ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros físicos	27
Tabla 4.1 Variables físicas de la calidad del compost	42
Tabla 4.2 Análisis de Anova en temperatura fase termófila	45
Tabla 4.3 Análisis Anova en la fase de Enfriamiento.....	45
Tabla 4.4 Análisis Anova para diferencia entre concentraciones	48
Tabla 4.5 Análisis Anova para diferencia entre PRSG en sustrato.....	48
Tabla 4.6 Análisis Anova para diferencia entre CRR en sustratos	49
Tabla 4.7 Análisis de Anova para comparación del IG en sustrato	49
Tabla 4.8 Análisis de Anova para diferencia entre tratamientos	51
Tabla 4.9 Análisis Anova para diferencia entre PRSG en solución.....	51
Tabla 4.10 Análisis Anova para diferencia entre CRR en solución.....	52
Tabla 4.11 Análisis Anova para comparación de IG en solución.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 3.1.-Ubicación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena ...	35
Fig 3.2. Medidas de las composteras	36
Fig 4.1 Test de normalidad.....	31
Fig 4.2 Temperatura en la fase termófila	44
Fig. 4.3 Temperatura media de los tratamientos	46
Fig 4.4 Germinación de las semillas en los tratamientos con sustrato.....	47
Fig 4.5 Germinación de las semillas en los tratamientos con solución acuosa.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Procedimiento del Compostaje.....	68
Anexo 2 Adición de la materia orgánica.....	69
Anexo 3 Análisis de Laboratorio	70
Anexo 4 Distribución y esparcimiento del compost en la Facultad Ciencias del Mar	71
Anexo 6 Diferencia de concentraciones a utilizar.....	74
Anexo 7 Permiso de Investigación MAATE	75

RESUMEN

Se realizó un estudio comparativo de tres tratamientos mediante técnicas de compostaje basado en la inoculación de microorganismos eficientes. Para este fin se comparó como tratamiento a1 el Método Takakura, que utiliza microorganismos fermentadores, con dos tratamientos de Takakura añadiendo un consorcio de microorganismos, al tratamiento b2 se le aplicó como aditivo una solución de prueba y al tratamiento c3 se le agregó como aditivo otra solución de prueba ambas muy utilizadas. En total se aplicó tres tratamientos con dos réplicas cada uno. Para la preparación de cada tratamiento se necesitó materia orgánica provista de una de las cafeterías más cercanas al sitio en donde se realizó el experimento. El trabajo se desarrolló en 56 días controlando la temperatura diariamente. Al cuarto día de la preparación, la temperatura alcanzó 71°C en el tratamiento b2, debido a que existió una mayor colonización de consorcios de microorganismos, seguido del tratamiento a1 con 57°C, mientras que el tratamiento c3 tuvo una temperatura más baja de 37°C y continuó descendiendo y manteniéndose cerca de 30°C durante los días posteriores; estos resultados evidenciaron que el tratamiento b2 tuvo una autoesterilización más profunda. Al final del proceso los parámetros físicos indicaron que los tratamientos a1 y c3 tuvieron una calidad buena, y b2 muy buena. Para determinar la respuesta de los tratamientos, se calculó el Índice de Germinación de Zucchini utilizando *Lens culinaris* (lenteja) durante 5 días con 3g de solución de cada tratamiento, a su vez variando las concentraciones del sustrato final con tierra virgen. Se realizó el análisis estadístico el cual mostró que no existió diferencias significativas en cuanto al porcentaje radicular de semillas germinadas, crecimiento relativo radicular y porcentaje de índice de germinación en los tres tratamientos utilizados.

Palabras Clave: Microorganismos, Compost, Efecto invernadero, Residuos sólidos

ABSTRACT

A comparative study of three treatments using composting techniques based on the inoculation of efficient microorganisms was carried out. For this purpose, the Takakura Method, which uses fermenting microorganisms, was compared as treatment a1 with two Takakura treatments with the addition of a consortium of microorganisms, a test solution was applied as an additive to treatment b2 and another test solution was added as an additive to treatment c3, both of which are widely used. A total of three treatments with two replicates each were applied. For the preparation of each treatment, organic matter provided by one of the cafeterias closest to the site where the experiment was carried out was needed. The work was carried out in 56 days, controlling the temperature daily. On the fourth day of preparation, the temperature reached 71°C in treatment b2, due to a greater colonization of microorganism consortia, followed by treatment a1 with 57°C, while treatment c3 had a lower temperature of 37°C and continued to decrease and remained close to 30°C during the following days; these results showed that treatment b2 had a deeper self-sterilization. At the end of the process, the physical parameters indicated that treatments a1 and c3 had good quality, and b2 very good. To determine the response of the treatments, the Zucconi Germination Index was calculated using *Lens culinaris* (lentil) for 5 days with 3 g of solution of each treatment, varying the concentrations of the final substrate with virgin soil. Statistical analysis showed that there were no significant differences in the percentage of germinated root seeds, relative root growth and percentage of germination index in the three treatments used.

Key words: Microorganisms, Compost, Greenhouse effect, Solid wastes.

GLOSARIO

Biofertilizante: Sustancia que contiene microorganismos vivos que mejoran el estatus nutricional de las plantas.

Consortio: Asociación natural de dos o más poblaciones microbianas que actúan en conjunto, donde todas las partes reciben un beneficio.

Descomposición: Reducción del cuerpo de un organismo vivo a formas más simples de materia.

Exotérmico: Define a aquellos procesos que desprenden energía en forma de calor.

Geosmina: Sustancia química producida por ciertas bacterias que proporciona olor a tierra mojada.

Halófila: Capacidad que tienen ciertos organismos para desarrollarse en un ambiente salado.

Micorriza: Asociación, generalmente simbiótica, entre la raíz de una planta y determinados hongos.

Inóculo: Es la suspensión de microorganismo que se transfiere a un ser vivo o a un medio de cultivo.

Método Takakura: Método de compostaje a base de microorganismos fermentadores y materia orgánica.

SIMBOLOGÍA

PRSG (%) Porcentaje Radicular de Semillas Germinadas

CRR (%) Porcentaje del Crecimiento Relativo Radicular

IG (%) Porcentaje del Índice de Germinación IG

ABREVIATURAS

CC Cambio Climático

CENAIM Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas

CRR Crecimiento Relativo Radicular

EMRO Organización para la Investigación de Microorganismos Eficientes.

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

INEC Instituto Nacional de Estadística y Censos.

LOEI Ley de Organización Económica Incluyente.

MAATE Ministerio del Ambiente Agua y Transición ecológica

ME Microorganismos Eficientes.

PND Plan Nacional de Desarrollo.

PRSG Porcentaje Radicular de Semillas Germinadas

RSU Residuos Sólidos Urbanos.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El calentamiento global relacionado con el cambio climático es causado en su mayoría por los humanos, quienes se enfocan en extraer un recurso, al cual le dan su utilidad y luego se lo desecha, sea este cual sea, manejando inadecuadamente los restos orgánicos e inorgánicos en el proceso de producción, y gestión de residuos, generando gases altamente tóxicos los denominados gases de efecto invernadero (Lett, 2014). A nivel global se estima que aproximadamente entre un tercio y un cuarto de los alimentos producidos para los seres humanos se desperdicia, este desperdicio equivale a un valor estimado de 1 300 millones de toneladas de alimentos en todo el año, hallando un promedio se podría decir que se desperdicia o pierde un total del 30% de los cereales entre el 40 y 50% de la raíces, hortalizas, frutas y semillas, el 35 % de los pescados, entre el 20% de la carne y productos lácteos. (Benítez, 2022)

De lo anteriormente indicado según la FAO (2022) este total sería suficiente para que 2000 millones de personas pudieran alimentarse. (Benítez, 2022). En base a esto las producciones limpias constituyen una prioridad en los programas de desarrollo de varios países (Morocho & Mora, 2019). En la naturaleza existe la presencia de algunos gases entre los principales mencionamos: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Fósforo entre otros cada uno de ellos se combinan de varias maneras y están interconectados entre sí para tener el correcto funcionamiento de cada una de las formas de vida dentro de los ecosistemas, sin embargo cuando hay manejos inadecuados estos gases se combinan de tal manera que forman gases contaminantes altamente tóxicos y de efecto invernadero entre ellos destacan el metano y lixiviados, provocando a largo plazo el Calentamiento Global (Khan Academy, 2023).

Debido al uso excesivo de fertilizantes se ha creado una contaminación ambiental por emisión de gases y al no existir un tratamiento adecuado en los vertederos de basura se han roto procesos cíclicos naturales. Adicionalmente no existe una buena planificación por parte de autoridades y las pocas medidas que se toman dentro de la población y demás , hace que esto sea un problema ambiental a nivel mundial

dejando nefastas consecuencias para la salud y el medio ambiente, en medio de esta situación es necesario la implementación de nuevas medidas , planes e iniciativas para efectuar soluciones como la reducción, segregación, reciclaje, valorización, entre otros que estén basadas en un modelo sustentable (Cepal, 2002). Un sin fin de especies son responsables de hacer que los sistemas continúen fluyendo dentro de la naturaleza, uno de ellos son los microorganismos eficientes (ME) (Morocho & Mora, 2019).

Se enfatiza la importancia de los microorganismos del suelo en las relaciones simbióticas con las plantas como biofertilizantes y su uso en el control biológico de patógenos. Las interacciones beneficiosas bacteria-planta-hongo- han atraído mucha atención debido a su impacto en la agricultura, la silvicultura y el medio ambiente además de brindar una alternativa al uso de fertilizantes químicos, que son extremadamente dañinos para la salud como contaminantes del suelo y el agua. Los hongos micorrízicos junto con las bacterias fijadoras del nitrógeno *Azotobacter*, *Rhizobium* y *Azospirillum* son los simbioses ecológicamente más comunes y de mayor importancia (Antón & Rosario, 2014).

Los microorganismos utilizados como fertilizantes poseen un rol importante cuando la agricultura requiere medidas de conservación. El desarrollo y uso de biofertilizantes se considera una alternativa significativa para el reemplazo parcial o total de fertilizantes minerales (Cabrera et al., 2018). Desde un punto de vista ecológico es necesario conocer las comunidades bacterianas que favorecen como inoculantes y promueven efectos agrobiológicos positivos en los cultivos y hacer estas actividades más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. (Terry et al., 2017).

Los microorganismos tienen la capacidad de: descomponer la materia orgánica, reciclar los nutrientes de las plantas, degradar sustancias tóxicas y producir sustancias y componentes naturales que mejoran la contextura y composición del suelo. (Yepsen, 1984). Los huertos orgánicos construidos en casas son una gran ayuda para el medio ambiente, y los seres humanos, gracias a que no producen ninguna alteración a la salud, puesto que se caracterizan por la utilización de compost, polvos minerales entre otros productos de fácil descomposición siempre

y cuando se busque mejorar la calidad de los suelos y la vida de los microorganismos que en ellos habitan (Landon, 2005).

Por otra parte en la industria acuícola también se ha implementado el uso de ME a través de los probióticos tienen enormes beneficios tales como: estimular la respuesta inmunitaria, mejorar la supervivencia de las larvas, mejorar el apetito y resistencia a enfermedades, mejorar el rendimiento y la tasa de crecimiento, reducir significativamente los residuos contaminantes (Pérez et al., 2020). Por este último beneficio se consideró utilizar dos probióticos en el desarrollo de un compost para determinar la influencia de los diferentes consorcios de microorganismos al descomponer materia orgánica aprovechando su uso de manera ecológica. Los probióticos más comunes son las bacterias del ácido láctico y sus metabolitos, como las bacteriocinas. Sin embargo, también se utilizan otros géneros bacterianos como: *Bacillus Streptomyces* y levaduras (Pérez et al., 2020).

Este trabajo de titulación, considerando la ecología microbiana y el aporte de nutrientes en los suelos, presenta la influencia de los microorganismos eficientes y probióticos en el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos mediante un método de compostaje tradicional no común denominado Takakura, sometido a tres tratamientos de inoculación que incluyen dos soluciones de prueba, esta investigación ayuda a comprender mejor las dinámicas ecosistémicas y proteger el ambiente mediante el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y actividad microbiana, impulsando prácticas de economía circular.

2. PROBLEMÁTICA

A lo largo de los años se ha ido generando una cultura de consumo lineal en la cual el ser humano busca adquirir bienes constantemente, reemplazando los desactualizados y obsoletos por otros nuevos, y destinando los anteriores a la basura (Falappa & Lamy, 2019). En relación al crecimiento demográfico este ha dado lugar al incremento de los residuos. A nivel mundial anualmente llegan 8 millones de toneladas de basura de plástico a los mares y océanos; esto se debe a que el 79% de los residuos que se han producido hasta ahora permanecen en vertederos, basureros o en el Medio Ambiente (ONU, 2021).

Como resultado se generan gases como Dióxido de carbono CO_2 Metano CH_4 y Óxido Nitroso N_2O los que han contribuido a la retención de calor en nuestra atmósfera desde hace millones de años. La producción y emisión de estos tres gases ha sido estimulada desde la Revolución Industrial como resultado de algunas actividades humanas que han cambiado el balance de nutrientes de los ecosistemas naturales, acrecentando la retención de calor en la atmósfera y creando el conocido “efecto invernadero”. (Prast et al., 2022); es decir, se está desaprovechando los residuos orgánicos que podrían servir como abono y biofertilizantes, poniendo en práctica la reutilización de recursos obteniendo productos más saludables, que fortalecen nuestro cuerpo y no pone en riesgo nuestra salud; sin demasiados fertilizantes químicos y artificiales (Cabrera O. et al., 2012).

Actualmente no se clasifica la basura y se mezcla todo provocando malos olores y una extremada contaminación. Además, existe deficiente conocimiento sobre métodos de compostaje que son fáciles de realizar utilizando materiales de uso diario sin mencionar que se tiene poca información acerca de los microorganismos que hacen posible la descomposición orgánica y la importancia del rol que cumplen dentro de los ciclos naturales y del ecosistema en sí. Este trabajo busca fomentar medidas que van en armonía con la naturaleza disminuyendo los desperdicios compostables que tienen un mal manejo.

3. JUSTIFICACIÓN

En la naturaleza, la mayoría de los procesos biológicos son cíclicos, lo que significa que los desechos producidos por los seres vivos pasan a formar parte del suelo, y la acción de microorganismos y bacterias los transforma y reintegra a la cadena natural de la vida, descomponiendo la materia orgánica y convirtiéndola en nutrientes (Leet, 2014). Existe la manera de devolver un poco todo lo que la tierra nos proporciona desinteresadamente, una de estas formas es suministrar de nuevo materia orgánica al suelo a través del compost y a la vez reutilizando los alimentos orgánicos (Morocho & Mora, 2019). Como menciona Guzmán (2017), los microorganismos ayudan a la eliminación de compuestos tóxicos y regulan el funcionamiento de la cadena alimenticia en muchos ambientes, aún más cuando llegan a formar consorcios con otros organismos, y son capaces de regular e intervenir en la mayoría de procesos geológicos y biológicos imprescindibles. La separación y manejo adecuado de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos reciclables podrían generar hasta 40 mil toneladas mensuales de recursos para la producción y hasta 20 mil empleos dignos. (Libro Blanco de Economía Circular del Ecuador, 2021).

Es muy importante analizar un método que nos permita manejar de manera adecuada y responsable las cantidades que se generan a diario en cada hogar, los microorganismos aceleradores de la descomposición y segregación de la materia tendrían vital importancia con el fin de llevar a cabo un compost más rápido y que se encuentre al alcance de todos. Además, estaremos contribuyendo con la Economía Circular en el Objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo PND el cual indica que debemos garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, mediante los residuos sólidos reciclados generando énfasis en la conservación y manejo ambiental (Libro Blanco de Economía Circular del Ecuador, 2021). Con este método amigable con el planeta, contribuiremos en el aprovechamiento de los recursos orgánicos además de comprobar si existe una diferencia significativa en los tres tratamientos a utilizar al realizar un compost añadiendo productos comerciales utilizados en acuicultura.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la influencia de microorganismos eficientes, mediante la inoculación en tres tratamientos experimentales, para la validación de la calidad del compost.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar tres tratamientos de inoculación de microorganismos eficientes en los residuos sólidos orgánicos para su aprovechamiento ecológico
- Realizar pruebas de germinación con el compost obtenido, mediante parámetros físicos.
- Comparar la diferencia estadísticamente significativa de los tratamientos de inoculación a utilizar en el compost.

5. HIPÓTESIS

H0: No hay diferencia significativa en cuanto a la influencia de microorganismos eficientes, aplicados en los tres tratamientos de inoculación, para el aprovechamiento ecológico de residuos sólidos orgánicos.

CAPÍTULO II

6. MARCO TEÓRICO

5.1 Perspectiva mundial frente a los Residuos Sólidos Urbanos

RSU

Uno de los mayores desafíos para las economías desarrolladas y emergentes es la base de la adopción de nuevos sistemas adecuados para la gestión de los residuos sólidos, para facilitar la clasificación, recepción y posterior uso de varios tipos de productos generados cada día. El nivel actual de generación de residuos sólidos es de alrededor de 1 300 millones de toneladas de residuos municipales que se generan anualmente en todo el mundo y se estima que aproximadamente aumente a 2 200 millones de toneladas en el 2025, esto es un llamado de atención para demostrar la necesidad de desarrollar estrategias apropiadas para abordar este problema, reducir el impacto ambiental y social a generaciones futuras (Segura et al., 2020).

Los altos niveles de consumo asociados al crecimiento de la población y la urbanización son factores que incrementan la producción de residuos sólidos en las zonas urbanas y rurales, a pesar de los avances, las medidas adoptadas como la implementación de políticas físicas, económicas y sociales por ciertos países no son suficientes (Carillo & Acosta, 2022). En términos de reciclaje, alrededor del 2.2% de los RSU en América Latina se reciclan a través de esquemas formales: solo unos pocos países cuentan con una infraestructura formal de clasificación y reciclaje de RSU (López & Lannacone, 2021). Por otra parte, las recolecciones diferenciadas de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) selectivas aún son bajas. El procesamiento de materiales reciclables lo realiza principalmente el sector informal, a través de empresas municipales de reciclaje. La mayoría de los países de la región no cuentan con datos oficiales sobre las tasas de reciclaje; sin embargo, hay casos como el de Brasil, en donde el 62% de los municipios cuentan con programas de recolección selectiva de residuos (López & Lannacone, 2021).

5.2 Economía Circular

La Economía Circular es una estrategia para un desarrollo sostenible la cual sugiere un modelo económico regulado de acuerdo a las leyes de la naturaleza como redes de interacciones, intercambio de materiales, flujo y energía, mimetismo ambiental y patrones de reciclaje. Pudiéndose mencionar entonces que la Economía Circular se basa en varios principios tales como la resiliencia, la diversidad y un criterio sistémico, los cuales necesitan de un enfoque metabólico, unificando ciclos tecnológicos y biológicos. (Varela, 2018).

Para este tipo de recirculación y restauración de productos y componentes materiales se realizan estrategias tales como la reparación, remanufacturación y el reciclaje. El consumo ocurre únicamente y exclusivamente en los ciclos biológicos en donde los alimentos y restos naturales como madera o algodón son hechos con el fin de regresar al sistema llevando a cabo el compostaje y la respiración aerobia y anaerobia (Marcia & Días, 2020) (Ellen MacArthur Foundation 2020, párr. 5).

5.3 Situación en el Ecuador

Según datos de INEC (2020) en el 2019 Ecuador produjo toneladas de residuos sólidos aproximadamente 12 671 T por día, las cuales se distribuyen en porcentajes siendo así que el 42,2% finaliza en basurales, el 32,7% en nuevos asentamientos, el 19,1% en vertederos al aire libre, desembocando en quebradas o ríos y solamente el 13,5% tiene una recolección por separado.

En el país entra en vigor la LOEI (Ley de Organización Económica Incluyente), cuyo objeto es introducir los principios de eco diseño, producción y consumo sostenible, reducir la generación de residuos, promover la gestión integral e inclusiva de residuos y aplicar a todo el territorio de Ecuador (LOEI, 2021). Pese a ello las ciudades ecuatorianas no cuentan con suficientes rellenos sanitarios depósito de basura, rara vez tiene el relleno adecuado, gestión y tratamiento de los residuos generados por los ciudadanos. Las masas son el vertedero del cielo abierto

en dónde se genera mal olor, se multiplican vectores de enfermedades y plagas. La población de Ecuador se estima en alrededor de 14 millones, de los cuales el 64% vive en ciudades y el resto en cabañas. La gestión y manejo de residuos sólidos en el Ecuador identifico más de 6 millones de personas correspondientes al 49,10% incluyen cobertura y aseo, menos de 415 000 habitantes viven en zonas rurales (MAE, 2016).

5.4 Breve Situación en la Provincia de Santa Elena

A nivel local al norte de Santa Elena se encuentra ubicado el botadero “El Palmar” que viene funcionando desde hace 17 años y receipta desechos generados en todos los asentamientos y comunidades turísticas de la provincia. Los desechos son desperdicios o sobrantes de las actividades humanas se clasifican en gases, líquidos y sólidos; y por su origen, en orgánicos e inorgánicos. El destino final de la basura es administrado por el Gobierno Autónomo Municipal de Santa Elena, quien la confina al denominado "Botadero Municipal a Cielo Abierto" (Ramirez, 2016).

5.5 Breve situación en la Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE.

Dentro de las instalaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE se encuentran varios tachos de basura en diferentes puntos del campus, que incluyen en cada curso, para que la población estudiantil, docentes y trabajadores puedan depositar sus desechos o residuos. También cada bar tiene su respectivo recipiente para recolectar los desechos o tacho; además existen estructuras fabricadas con metal y alambres, en dónde se depositan botellas plásticas para reciclaje. Sin embargo, en cuanto a una clasificación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aún no existe en la universidad; por ello es útil crear estos espacios a través de este trabajo de titulación para que a mediano o largo plazo, pueda ser una potencial alternativa dentro de la UPSE, contribuir con la mejora continua y desarrollar un método de compostaje amigable con la naturaleza, como futuros profesionales en la carrera de Biología.

5.6 Compostaje

Los procesos de compostaje ayudan a proteger la contaminación del agua subterránea, a diferencia del método actual que son los vertederos a cielo abierto, el cual ha generado niveles altos de gases de efecto invernadero y lixiviados que contaminan el ambiente y podrían resultar perjudiciales, en el proceso de compostaje puesto que al realizar estas técnicas se reduce microorganismos perjudiciales y contaminantes químicos, estos organismos son patógenos presentes en los desechos sólidos los cuales afectan a los seres vivos, a su vez los microorganismos eficientes o beneficiosos absorben las sustancias químicas y ayudan a mejorar el suelo (Ayilara et al., 2020). Se debe tomar en cuenta que el proceso de compost es el resultado de un proceso de biodegradación aeróbica exotérmica y mineralización de matrices de desechos orgánicos por microorganismos, principalmente hongos y bacterias, según varios parámetros que intervienen en el compostaje (Lázaro et al., 2020).

5.5.1 Residuos vegetales

La composición de los residuos vegetales es aprovechada con el fin de disminuir la gran presión sobre el medio ambiente a causa de las actividades antropogénicas, en esta etapa son vitales por su capacidad de reincorporar nutrientes para el mantenimiento y fertilidad de los suelos, siendo una alternativa para el uso desmesurado de fertilizantes, agroquímicos y consecuentemente su impacto ambiental (Grande, 2015) citado por (Morales & Rivera, 2022).

5.5.2 Aserrín como sustrato

El aserrín compostado funciona como sustrato con potencial para la germinación de camas, ya que poseen ventajas fitosanitarias comparando con sustratos de tipo arenosos, además de su gran capacidad de retención de agua que ayuda la reducción de la necesidad de riego, sin afectar el funcionamiento, morfología y fisiología de

la planta. Es imprescindible realizar una evaluación y mitigación de los lixiviados que aparecen debido a la aplicación de fuentes nitrogenadas y riego continuo. (Escuela de Ciencias Agrícolas, 2011).

5.5.3 Etapas del compostaje

El Proceso de biodegradación de materia orgánica se llevan a cabo dos fases la biooxidativa la parte de curado (Nieto, 2012). A continuación, se muestra a detalle las etapas que llevan a cabo durante todo el proceso y los cambios que se presentan en cada una.

5.5.3.1 Etapa inicial o mesofílica

Al inicio de esta fase la temperatura se encuentra en valores medioambientales, debido a la actividad bacteriana, posteriormente la temperatura aumenta considerablemente hasta alcanzar en unos pocos días los 40°C (Bohórquez, 2019). Estas fases se caracterizan por la abundancia de nutrientes, y la microbiota involucrada participa en la producción de energía como producto del metabolismo de compuestos fácilmente degradables como los carbohidratos.

5.5.3.2 Etapa termofílica

En esta fase la temperatura alcanza de 70°C a 80°C, debido al aumento de la actividad microbiana y es degradada la mayor parte de la celulosa. Los microorganismos que están presentes en esta etapa son aquellos que son capaces de soportar condiciones de temperatura extrema. Cuando se alcanza los 60°C los hongos, con esta característica dejan de funcionar y entran en acción las bacterias que cumplen reacciones de óxido reducción junto con los actinomicetos (Bohórquez, 2019). Los microorganismos que están presentes en esta etapa son aquellos que son capaces de soportar condiciones de temperatura extrema. Cuando se alcanza los 60°C los hongos con esta característica dejan de funcionar y entran

en acción las bacterias que cumplen reacciones de óxido reducción junto con los actinomicetos.

Según (Antunes et al., 2016) no se detectan hongos en pilas de compost por encima de 65°C, lo que indica que se degradan menos que las bacterias durante la fase termófila del compostaje. Por lo tanto, el entendimiento actual es que las bacterias son los principales descomponedores en el proceso de compostaje termofílico, mientras que los hongos juegan un papel en las fases de enfriamiento y solidificación.

Se ha observado que las actividades metabólicas de los microorganismos para la despolimerización de compuestos de carbono aumentan en la fase de alta temperatura (Wei et al., 2019). En esta etapa el compost tiene un efecto autoesterilizante, lo que resulta en una reducción significativa en el número de patógenos como *Campylobacter*, *Pseudomonas*, *Flexobacteria* (Vásquez & Millones, 2021).

En un estudio previo Galitskaya et al , (2018) señalan que, en cuanto a los hongos, la cantidad de hongos no cultivables (no identificados) en la fase de alta temperatura fue superior al 44% al compostar residuos orgánicos sólidos municipales y astillas de madera contaminadas con aceite.

5.5.3.3 Etapa de enfriamiento

La temperatura se reduce desde la temperatura máxima alcanzada durante el proceso hasta para cumplir con los requisitos ambientales, se consumen materiales fácilmente degradables, gracias al organismo, el hongo termofílico desaparece y el proceso continúa esporas y actinomicetos. Cuando comienza la fase de enfriamiento, el hongo la resistencia a las bacterias termófilas se lleva a cabo en las zonas más cálidas del proceso la descomposición de la celulosa (Mendoza, 2018).

5.5.3.4 Etapa de maduración

Después de la fase de alta temperatura, la temperatura del compost desciende y no puede recuperarse. En este punto la descomposición la llevan a cabo los microorganismos mesófilos (aquellos que crecen de forma óptima entre 15-35°C)

y se convierte en un largo proceso de “curado” o maduración. Aunque la temperatura del compost está cerca de la temperatura ambiente, las reacciones bioquímicas continúan ocurriendo, creando un producto final más estable y adecuado para su uso en plantas. Dado que los compuestos fácilmente degradables se metabolizan en la primera etapa del compostaje, lo que conduce a la inanición y, en última instancia, a la muerte de una proporción significativa de microbios, en esta etapa el proceso de descomposición cambia a moléculas orgánicas más complejas, lo que se convierte en un proceso muy lento. Los actinomicetos activos en la etapa de mesófilo descomponen el almidón, la celulosa y la lignina, que son compuestos esenciales para la síntesis del humus. Al final de la segunda fase del proceso, el compost está maduro y estable (Docampo, 2013).

5.5.4 Parámetros químicos dentro del compostaje

La calidad del compost final depende de varios parámetros de intervención. Por lo general, durante la fermentación y la maduración, varían dentro de un cierto rango debido a la heterogeneidad de la mezcla inicial (residuos) y posibles cambios estacionales en su composición. Estos parámetros son la Temperatura, la Humedad, la relación Carbono Nitrógeno, la presencia de Oxígeno, pH, etc. (Ávila, 2015). Son muchos los parámetros que se pueden analizar en el compost, aunque veremos algunos, según menciona el Laboratorio CSR (2019) que pueden indicar su calidad:

pH

Nos da el nivel de alcalinidad o acidez de una sustancia, en este caso del compost. Sin embargo durante el proceso de compostaje el pH suele ser cambiante al comienzo del proceso inicia ácido y posteriormente va a básico llegando por encima de 8 esto ocurre una vez que se haya completado el compostaje, la razón es que al inicio los compuestos ácidos se descomponen dando como resultado una pérdida de nitrógeno en forma de amoníaco producido por la transformación de su fase líquida a su fase gaseosa es por esto que algunos expertos en materia, agregan azufre elemental, es decir sulfato de hierro, en proporción 0.5% en peso para lograr

controlar el exceso de pH. Los valores referenciales según el Laboratorio CSR (2019) se encuentran entre el 6,5 – 8,5.

Nitrógeno

Es uno de los principales elementos que las plantas absorben de manera natural en mayor cantidad del suelo. Durante el proceso de la degradación de la materia orgánica se produce la transformación de moléculas pasando de orgánicas a inorgánicas como resultado se obtiene nitrógeno amoniacal y nítrico, debido a la actividad metabólica microbológica. También se puede producir las pérdidas de nitrógeno, inclusive se podría disminuir el valor inicial comparado con el valor final. Como valores recomendados por el Laboratorio CSR, (2019) se encuentran 1,0-2,5%.

Humedad

Es uno de los parámetros más importantes dentro del desarrollo del compost, puesto que es la cantidad de agua que posee nuestra mezcla, si se tiene demasiado se puede echar a perder el proceso en condiciones controladas y se tiene muy poca hará nuestro proceso más lento y puede que nuestro compost no se estabilice de manera correcta. Los valores recomendados por el Laboratorio CSR (2019) se estiman entre 20 y 40 %.

Relación Carbono / Nitrógeno C/N

Es un índice de mucha importancia por ser uno de los más utilizados para la evaluación del proceso de un compostaje. Al inicio del mismo se tienen valores bastante elevados este caso se da cuando existe La presencia de elementos formados por lignina, celulosa y hemicelulosa es un indicador de que el compost final aún se encuentra inmaduro para su utilización s medida que avanza el compostaje, este índice va disminuyendo hasta lograr valores constantes, en ese momento se habrá alcanzado la madurez. Aunque existe bastante variación en este índice se puede encontrar al principio valores de 25 o mayores y valores finales de 15

aproximadamente. Como valores de referencia según el Laboratorio CSR (2019) se tiene entre 10 y 20.

5.5.5 Parámetros físicos del compostaje

Los parámetros físicos son aquellos que podemos observar a simple vista y que nos ayudan a determinar la calidad para el uso del compost. Para poder hacer análisis físicos existe un test de parámetros físicos, tomando en cuenta estos factores podríamos tener una idea sobre el producto que vamos a aplicar y la incidencia que tendría en el cultivo o la planta sometida al tratamiento, se detalla el Test de Bonitut (1988) utilizado por (Azurduy et al., 2016). **Tabla 2.1**

Tabla 2.1 Parámetros físicos

TEST DE PARÁMETROS FÍSICOS		
Variable	Indicador	Categorías de calidad
Color	Marrón oscuro	3
	Marrón claro	2
	Original	1
Olor	Tierra vegetal	3
	Neutro	2
	Desagradable	1
Humedad	Baja	3
	Media	2
	Original	1
Degradación	Descompuesto	3
	Intermedio	2
	Original	1
Impurezas	No se detectan (2<%)	3
	Pocos (2-10 %)	2
	Presencia muy evidente (>10%)	1

Tabla 2.1 .Parámetros físicos de la calidad del compost Calidad Muy buena >13; Buena 13-10; Regular 9-6; Baja <6. Fuente Azurduy et al., 2016

5.5.6 Diversidad microbiana y su rol en el compostaje aerobio

La interacción entre los parámetros fisicoquímicos y el tipo de sistema de compostaje determina cambios en la diversidad y riqueza de especies microbianas. Es principalmente la actividad metabólica de bacterias y hongos la que asegura la descomposición de la materia orgánica y promueve la maduración del compost, que es el principal producto del compostaje aeróbico. Según Vásquez & Millones (2021) en este proceso, las bacterias fueron los taxones más abundantes, incluyendo Proteobacteria, Firmicutes, Actinobacteria y Bacteroidetes, seguidas de hongos, principalmente Ascomycota. Actualmente debido a su actividad metabólica (principalmente degradación de lignocelulosa) el compost hecho a base de inoculación de microorganismos eficientes está creciendo exponencialmente y los beneficios de una mejor calidad del compost y un tiempo de compostaje más corto.

5.5.7 Microorganismos que intervienen en el compostaje

Un gran número de microorganismos intervienen en el proceso de compostaje y aparecen en cada etapa y desaparecen al mismo tiempo, porque su supervivencia depende de ciertos factores. Estos factores pueden incluir la temperatura, la humedad y el pH (Rivadeira, 2018). Los Microorganismos participantes durante el proceso son: bacterias, protozoos, hongos, actinomicetos y los denominados microorganismos eficientes que cumplen un rol indispensable en la descomposición de la materia orgánica, transformándola en nutrientes para la planta.

5.5.8 Bacterias

Las Bacterias están presentes en casi todas las fases del compost solo presentan un decrecimiento en la fase de maduración y su presencia es reducida, 80% a 90% de los organismos que se encuentra en un gramo de compost. Las más comunes durante los procesos de compostaje son: Bacilos, Pseudomonas, Actinomicetos y Streptomyces; Las bacterias termófilas son responsables de descomponer las

grasas, los lípidos y las proteínas mientras que las bacterias filamentosas Actinomycetes descomponen los compuestos orgánicos (Acosta & Peralta, 2015).

5.5.9 Hongos

Los hongos van a ser predominantes durante la fase de maduración y enfriamiento, esto debido a que los alimentos asimilables ya se han terminado. Entre los hongos más comunes se encuentran los Ureidomycetes, Saccharomycetes, Zygomycetes, Basidiomycetes y Ascomycetes. Estos ayudaran en la descomposición de Compuestos más complejos. Su aparecimiento es muy común durante la fase termófila y mesófila, cuando las temperaturas son muy altas en la parte de la superficie de las pilas. Se encargan de degradar compuestos complejos. Aparecen durante la fase termófila y mesófila. Si las temperaturas son muy altas están en la superficie de la pila (Acosta & Peralta, 2015).

5.5.10 Protozoos

Los protozoos son pequeños organismos que suelen encontrarse en las pequeñas gotas de agua provenientes de la materia orgánica a compostar, su presencia es casi insignificante, ya que tienen un comportamiento similar al de las bacterias, aunque también suelen ser aprovechados por hongos y bacterias al comportarse como consumidores de segundo orden (Jimenez, 2015). Los protozoarios perteneces al grupo de los organismos que dan mayor aporte de nitrógeno a la planta.

5.5.11 Actinomicetos

Los actinomicetos son bacterias Gram positivas, dentro de sus características se encuentra que forman filamentos de tipo ramificación muy similar a los hongos, son saprófitos, es decir viven sobre la materia orgánica y se alimentan de ella, poseen células procariontes, son quimio autótrofos ya que utilizan fuentes de energía inorgánica tienen respiración aeróbica y en algunos casos fermentativa

(Dávila et al., 2013) citan a (Ben-Omar et al, 1997). Con otras características; que los actinomicetos tienen un olor agradable a suelo húmedo debido a la producción de un metabolito denominado “geosmina” también tienen una actividad metabólica alta muy capaces de degradar la materia orgánica vegetal y animal. Otros autores mencionan productos hechos a base de estos organismos producen sideróforos que son sustancias promotoras del crecimiento vegetal, también contribuyen a la asimilación del hierro y la fijación del nitrógeno.

El Orden de los Actinomicetos representa aproximadamente del 20% al 60% de la población microbiana del suelo, y están constituidos por 63 géneros (Dávila et al., 2013).

5.5.12 Microorganismos eficientes y su rol ecológico

Los microorganismos eficientes o efectivos permiten una producción agrícola más sostenible. Sus beneficios inmediatos incluyen la restauración rápida de la fertilidad del suelo y el control de plagas y enfermedades de las plantas. Todo esto permite que las plantas aumenten la productividad y la calidad.

En la actualidad se han identificado apenas el 1% de los microorganismos que habitan en el suelo, siendo en 99% desconocidos, así como las propiedades que estos poseen.

Conociendo que los microorganismos son indispensables para mantener o aportar fertilidad al suelo (Morocho & Mora, 2019). El uso de los microorganismos eficientes fue desarrollado en Japón por el Doctor Teruo Higa, profesor de horticultura de la Universidad Ryukyus en Okinawa, quien debido a sus investigaciones y experimentos logro llegar a convertirse en un líder de la agricultura implantando alternativas que pudiesen reemplazar a los plaguicidas y fertilizantes comerciales.

Empezó estudiando cada grupo de microorganismos de manera individual, en su entorno natural, pero luego se dio cuenta que funcionaban mejor de manera conjunta, hallando así la sinergia perfecta y el efecto potenciador en su mezcla (Agrícola, 2021). En 1994 el Dr. Higa fundó EMRO (cuyas siglas en español significan: Organización para la Investigación de Microorganismos Eficientes) en Okinawa, Japón, la cual se encarga de la investigación experimentación e

innovación de los diferentes usos de los microorganismos para llevarlos a la industria agrícola, por ello se ha convertido en un establecimiento líder en biotecnología a nivel mundial (Agrícola, 2021).

5.5.13 Ventajas de Utilizar Microorganismos Eficientes

Existen una variedad de ventajas que nos ofrecen los microorganismos eficientes Alarcon et al.,(2020) mencionan las siguientes.

- Ayuda a la recuperación del suelo, mejorando su fertilidad biológica, promoviendo la asimilación de nutrientes, el crecimiento radicular, la asimilación de nutrientes y el crecimiento radicular.
- Son un control naturalmente biológico de plagas.
- Tienen la capacidad de descomponer la materia orgánica, mejorando la fertilidad química y física del suelo.
- Producen moléculas orgánicas simples que degradan contaminantes del suelo, las cuales pueden ser asimiladas por las plantas, reduciendo la absorción de metales pesados como el Cadmio.
- Sirven como medio de biorremediación gracias a su atribuida capacidad halófila.
- Solubiliza fosfatos y varios elementos, además de fijar el nitrógeno atmosférico.

5.5.14 Los probióticos como microorganismos eficientes en Acuicultura

Los animales que se desarrollan en medios acuáticos están rodeados por un sinnúmero de patógenos a los cuales muchos de ellos son susceptibles y pueden representar un peligro para el cultivo. Los peces y camarones al ingerir alimento también introducen altas cantidades de bacterias provenientes del agua o del mismo alimento. (Pérez et al., 2020).

A continuación, se describirán dos soluciones muy utilizadas en la industria acuícola aquí en la provincia de Santa Elena. Actualmente la industria acuícola ha estado en busca de mejora continua para ello destacan multicepa de las cuáles se seleccionó bacterias que cumplan con algunos requisitos para poder ser aplicadas en los cultivos de peces y camarones

Solución Takakura

Se elabora en base a la formación y producción de microorganismos eficientes, para que puedan colonizar se mezclan dos soluciones (salada y dulce) que se describirá a lo largo del trabajo con el fin de crear un ambiente adecuado para la producción de microorganismos eficientes en el proceso de compost.

Solución 1 de prueba

Entre ellas por su capacidad única de mejorar la supervivencia, crecimiento, desarrollo y fortalecer su sistema inmune son (*Enterococcus sp*, *Lactobacillus sp*, *Bacillus sp*, *Pediococcus sp*.) (Agroandes, Probióticos y Enzimas, 2023)

Solución 2 de prueba

Para el desarrollo de la solución dos se utilizó Tensiones seleccionadas de alta potencia de *Bacillus Subtilis*, *Lactobacillus Lactis*, *Nitrosomonas sp*. *Nitrobacter sp*. Junto con adecuado activador y transportador.

Pruebas de Germinación del compostaje

Son un indicador que muestra el grado de madurez de los residuos orgánicos, se le considera un compost maduro si el porcentaje alcanza o sobrepasa el 50%, tomando en cuenta la germinación y el proceso de desarrollo y crecimiento de los primeros estadios de las semillas (Acosta et al., 2006).

Índice de Germinación

Es una técnica que evalúa el grado de madurez del compost, fue desarrollada por Franco Zucconi, conocido también como el método Zucconi, consiste en la utilización de un extracto acuoso del compost con el fin de evaluar la germinación de las semillas (Tortosa, 2013) para realizar este tipo de análisis se debe tomar en cuenta varias fórmulas que muestran el porcentaje de Germinación de las semillas, también el porcentaje radicular, crecimiento y desarrollo de las semillas.

Uso del Compost Takakura

El proceso de adición de materia orgánica se puede hacer durante tres meses para obtener mejores resultados ya que se compacta mejor y se puede aplicar al cultivo. Para ello (FONAG, 2013) recomienda dividir la mitad del compost resultante para que la otra mitad pueda seguir compostando sin repetir las soluciones principales. Este compost se puede utilizar de dos maneras. En plantas sembradas o antes de la siembra en tierra; si está cultivando plantas, se coloca el compost alrededor de ellas para que no toque los troncos y las raíces de los árboles, ya que esto puede dañar las plantas al activar el material agregado.

En cuanto a la preparación del suelo, según (Honobe, 2013) se debe cavar una zanja en el suelo a una profundidad de 5 a 10 cm, mezclar con compost y dejar alrededor de 3 semanas para que se estabilice con el suelo. Según el consumo máximo de la siguiente manera:

1 m^2 usar hasta 2 Kg de compost

1000 m^2 usar 2 Toneladas de compost

10000 $2m^2$ usar 20 Toneladas.

CAPÍTULO III

7. MARCO METODOLÓGICO

Este trabajo de titulación en fase de campo se basó en la observación del comportamiento de las variables en su medio natural para poder analizarlas, recolectando datos en el tiempo y apoyados en estadísticas para mostrar los resultados.

6.1 Área de estudio

Para poder llevar a cabo este trabajo se tomó como zona de estudio las instalaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena Matriz ubicada en el Cantón Libertad, con sus coordenadas $2^{\circ}14'00''\text{S}$ $80^{\circ}52'40''\text{O}$. Fig 3.1

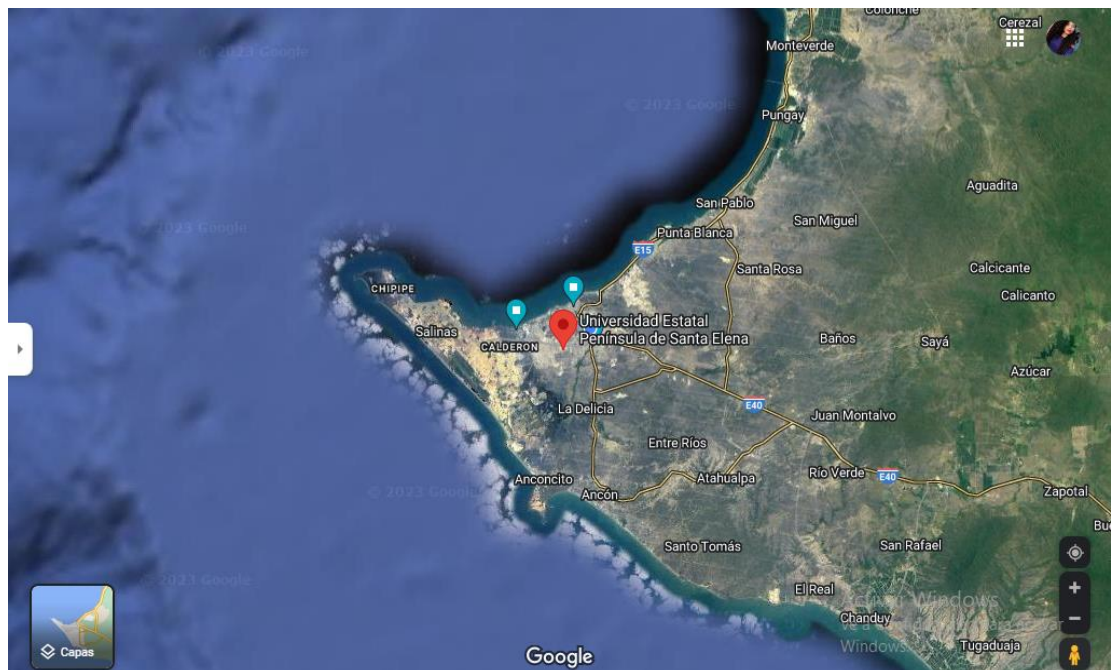


Fig 3.1.-Ubicación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena Fuente: (Google maps,2023)

A continuación, se detallará el procedimiento que se llevó a cabo realización de este trabajo.

6.2 Diseño Experimental

Fase de campo

Se utilizaron los desechos orgánicos generados por los estudiantes, docentes y trabajadores de la Facultad Ciencias del Mar del comedor “*La casita de Chocolate*” y para elaboración de la semilla se utilizó cajas composteras; para los respectivos análisis se usó uno de los laboratorios del Centro de Investigaciones Biotecnológicas CEB-UPSE.

Método Takakura

Se realizó el compost utilizando el tradicional método Takakura en 9 composteras, en tres tratamientos diferentes variando las fuentes de obtención de microorganismos y suplementos comerciales a utilizar, las cuales fueron diferenciadas por colores siendo tratamiento a1 color rojo, tratamiento b2 color verde y tratamiento c3 azul, las cuales tenían medidas de 32.5cm de largo x 19cm de alto x 14cm de ancho. En el primer tratamiento (**a1**), se utilizó los microorganismos eficientes (ME) obtenidos con las dos soluciones que se detallan en el procedimiento (salada y dulce), este nos servirá como control. El segundo tratamiento (**b2**) se preparó a base de (solución salada y dulce) y aditivo una solución 1 de prueba. El tercer tratamiento (**c3**) también fue hecho a base de (solución salada y dulce) y añadiendo la solución 2 de prueba, tuvieron tres réplicas cada uno, con el fin de obtener datos más confiables y para poder realizar los análisis estadísticos.

Fig 3.2. Medidas de las composteras

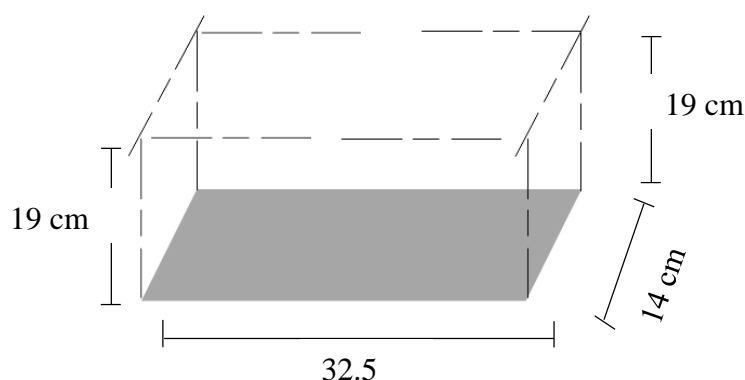


Fig 3.2. Medidas y dimensiones de las 9 cajas composteras

Recolección de los desechos orgánicos

Para la recolección de los residuos orgánicos fueron seleccionadas en base: a la rápida fermentación, desechos de frutas y legumbres solo se utilizó desechos orgánicos, para ello se dotó al bar de un tacho color marrón para identificación del material orgánico. De acuerdo a estas condiciones las basuras orgánicas seleccionadas fueron: cáscaras de papa, cáscaras de cebolla, cáscara de plátano, cáscara de huevos, cáscara de frutas, tomates, pepinos y lechuga.

Elaboración del Compostaje por el Método Takakura

El método Takakura se elabora en tres fases que se describen a continuación:

- **Primera fase**

Se elaboró dos soluciones (salada y dulce) con el fin de crear un ambiente adecuado para la producción de microorganismos eficientes en el proceso de compost.

Solución salada

Se utilizó 500ml de agua, sal, 3 manzanas grandes (se utilizó solo las cáscaras)1 lechuga, 1 pepino grande, 3 cucharadas de sal, 1 libra de uva los cuales cubrieron la tercera parte del botellón.

Solución dulce

Se agregó 1.500 ml de agua, 5 cucharadas de azúcar 200ml de yogurt, 1 botellón como envase, 21g de levadura $\frac{1}{4}$ de queso

Segunda fase

Base de la semilla del compost

Se necesitó 27 lb de aserrín y 3 lb de hojarasca (que se encuentre húmeda).

Alimento para los microorganismos del compost

Se utilizó 3 libras de harina, tres tinajas de tamaño mediano, 1 pala pequeña, hojas de periódico

- **Tercera fase**

Elaboración de la compostera

Se necesitó 9 canastas las cuáles fueron ajustadas a los requerimientos (con huecos en su parte interior, parte posterior y lateral que permita la respiración de los microorganismos, cartón, *masking tape*, una tela, varias hojas de periódico y una cesta.

Procedimiento

Se detalla a continuación:

Creación de la semilla del compost

Para la creación de la semilla de compost se preparó:

Mezcla de soluciones

Para preparar las soluciones, se utilizó botellones plásticos con un volumen de 5 litros. En cada botellón se procedió a mezclar los materiales de (Solución dulce y salada), batiendo bien y dejando reposar durante 7 días. No se ajustó la tapa de la solución dulce ya que el producto de la fermentación produce gases y podría hacer que el botellón explote.

Elaboración de la semilla de compost

Se mezcla todas las preparaciones, se vertió el aserrín en tres cestas y se mezcló con harina, se coloca la hojarasca, posterior a ello se mezcla en la tina, en la cual se añade las dos soluciones anteriormente elaboradas (sal y dulce). Aquí se debe ajustar la humedad con la prueba de puño, en cada tina se realizó cada tratamiento **a1, b2 y c3** agregando en el tratamiento **b2** 1.8 g de la **solución 1 de prueba** y en el tratamiento **c3** la cantidad de 1.8 g de la **solución 2 de prueba**. Con esta semilla se hizo un montón, cubierto con periódico y se lo dejó reposar 7 días. Durante los 7 días se mezcla el material diariamente, si está muy seca se añade agua, si está muy húmeda se añade hojarasca. Transcurrido el periodo de tiempo determinado la superficie de cada tratamiento tendrá una apariencia de Moho esto significa que el procedimiento es exitoso y los microorganismos crecieron bien.

Elaboración de la caja respirable

Para mantener la semilla es muy necesario elaborar una caja respirable para ello:

Se adaptó y forró las 9 canastas por dentro y se selló utilizando *masking* recordando que el proceso es aerobio por lo que se requiere del paso del aire para sobrevivencia de los microorganismos.

Agregación de la materia orgánica

1. Fue necesario picar los desechos orgánicos lo más fino que sea posible, esto ayudó a que la descomposición sea más rápida.
2. Se mezcló la semilla todos los días para abastecer de aire a los microorganismos aerobios.
3. Se cubrió las composteras con un pedazo de tela para que insectos no invadan la semilla y se las coloca sobre alguna base para tener más espacio en el lado inferior de la compostera que permita el ingreso del aire.

Semilla lista

Después de 1 mes de alimentar el compost, se tomó pequeñas muestras de cada caja en cajitas más pequeñas en dónde se tamizó para poder descartar materiales grandes que no posibiliten el análisis de laboratorio. Se dejó el material durante 10 días para que los microorganismos se estabilicen.

6.3 Prueba de Germinación en los tres tratamientos

Pasado los 10 días se realizó una prueba de germinación y crecimiento para observar si existe alguna diferencia significativa en los tres tratamientos en respuesta de la semilla de (*Lens culinaris*) *lenteja* para ello se siguió la metodología propuesta por (Camacho et al., 2018). Para ello se realizó una extracción acuosa en relación 1:20(p/v) (Tortosa, 2013) es ente caso se colocó 1.5g de soluto (sustrato) en 30 ml de agua destilada, se agitó mecánicamente durante 2h, y después mediante la centrífuga a 7000 durante 10 minutos y se pasó la solución por papel filtro para poder esterilizar el extracto obtenido. Se necesitó 9 cajas Petri de medidas 9 de

diámetro ya que 3 son los tratamientos utilizados y las dos réplicas de cada uno, se colocó papel absorbente añadiendo 3 ml del extracto acuoso mojando el papel en su totalidad y en cada una se colocaron 10 semillas de *Lens culinaris* (Lenteja), luego se procedió a colocar papel aluminio en cada caja sembrada y se llevó a la incubadora a 80% de humedad relativa. Se dejó en la estufa a temperatura ambiente durante 5 días en la oscuridad.

A su vez se realizó una prueba de germinación con el uso del sustrato (aserrín compostado) y tierra virgen para ello se utilizaron 9 cajas Petri llenándolas con 34.5 g en total variando las concentraciones de los sustratos. **Anexo 6** También dejando durante 5 días. En total se utilizaron 180 semillas, pasados los 5 días se procedió a cuantificar y calcular los porcentajes de las semillas germinadas, su longitud alcanzada y el crecimiento relativo radicular en las pruebas. Se tomó el modelo propuesto por (Pampuro et al., 2017). Para realizar los siguientes análisis.

Porcentaje Radicular de Semillas Germinadas (PRSG%) Se calcula mediante la siguiente fórmula

PRSG (%): $(\text{No de semillas germinadas en compost experimental} / \text{No de semillas germinadas en control}) \times 100$

Porcentaje del Crecimiento Relativo Radicular (CRR%) Se calcula mediante la siguiente fórmula

CRR (%): $(\text{promedio de longitud de la raíz en compost obtenido} / \text{promedio longitud de la raíz en el control}) \times 100$

Porcentaje del Índice de Germinación IG (%)

IG (%): $(\text{PRSG} \times \text{CRR}) / 100$

IG (%) Se multiplican ambos valores obtenidos anteriormente y se los divide para cien unidades

6.4 Análisis estadísticos

Siguiendo la metodología de (Camacho et al., 2018). Se utilizó el Programa Past versión 3 e Infostad versión 2020 para comparar los tratamientos experimentales y de control en busca de diferencias en los porcentajes de PRSG, CRR e IG.

Para realizar los análisis estadísticos de este trabajo se utilizó pruebas paramétricas, como la de Normalidad de Shapiro Wilks , la cual determina si el conjunto de datos es normal o no lo es, hace referencia a una distribución de probabilidad en variables continuas, los resultados nos ayudan a aceptar o rechazar la hipótesis nula según los datos a analizar. También se realizó un análisis de Homocedasticidad, la cual es un análisis complementario a la normalidad y nos indica la varianza de error de una determinada variable y si se mantiene uniforme para diferentes valores.

CAPÍTULO IV

8. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Parámetros físicos

Los resultados de los parámetros físicos observados en cada uno de los tratamientos fueron los mismos en cada una de sus respectivas réplicas. Respecto al color en el tratamiento “a1” se presencié un tono marrón claro a diferencia del tratamiento “b2” que presentó un tono marrón más oscuro. En cuanto al olor ninguno de los tres tratamientos presentó olores desagradables, todos presentaban olor a tierra mojada. Referente a la humedad del compost el tratamiento “a1, b1 y c1” presentaron una humedad baja lo que nos indica que el proceso fue exitoso y ayudó a que el tamizaje se desarrolle de buena manera. Ver en **Tabla 1** las categorías de calidad que se tomaron en cuenta. **Ver Tabla 4.1**

Tabla 4.1 Variables físicas de la calidad del compost

Tratamientos	Variables físicas del compost						Σ
	Réplica	Color	Olor	Humedad	Degradación	Impurezas	
a1	1	2	3	3	3	2	13
	2	2	3	3	3	2	13
	3	2	3	3	3	2	13
b2	1	3	3	3	3	2	14
	2	3	3	3	3	2	14
	3	3	3	3	3	2	14
c3	1	2	3	3	2	3	13
	2	2	3	3	2	3	13
	3	2	3	3	2	3	13

Tabla 4.1 Calidad del compost referente a parámetros físicos Calidad Muy buena >13; Buena 13-10; Regular 9-6; Baja <6 Fuente Azurduy et al., 2016 adaptado por Valdez 2023.

En cuanto a la degradación del compost variaron los datos siendo así, en el tratamiento “a1 y b2” se registró una buena descomposición, mientras que el tratamiento c3 mostró una degradación intermedia sobresaliendo las cáscaras de huevo que no lograron ser descompuestas en totalidad. Respecto a la presencia de Impurezas en el compost todos los tres tratamientos presentaron un nivel de >10%, La sumatoria total de los parámetros físicos de cada tratamiento indica que el tratamiento a1 y c1 tiene una calidad Buena para ser utilizados, mientras que el tratamiento “b2” tiene una calidad Muy buena, es decir que los tres tratamientos reúnen las condiciones óptimas de un compost de buena calidad según menciona en su cuadro de parámetros físicos de un compost (Azurduy et al., 2016). **Tabla 4.1**

4.1 Test de Normalidad de los tratamientos

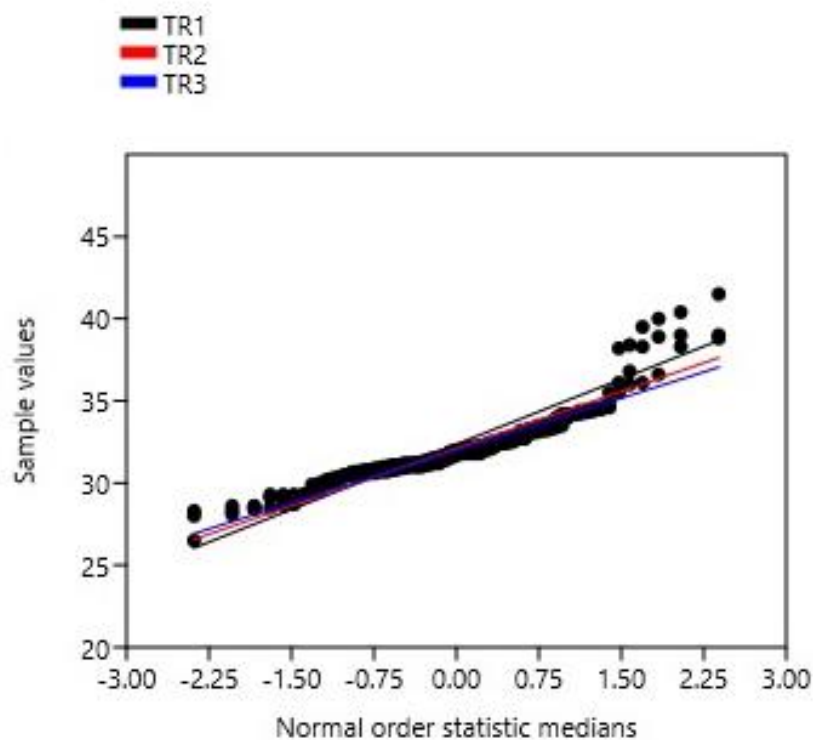


Fig 4.1 Resultado de la Normalidad de la temperatura de los tratamientos durante los 30 días de agregación de la materia orgánica Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez,

2023

Se obtuvo un valor de $p = 0.567$ lo que significa que en la fase de alimentación del compost durante los 30 días en los cuáles se agregó los residuos orgánicos los datos fueron normales dentro de cada tratamiento, a la vez nos indica que existe homocedasticidad en los tres tratamientos, sin importar la fuente de obtención de microorganismos de cada uno. Ver Fig4.1

Temperatura

La duración de la fase 2 fue de 7 días de etapa termófila y se empezó a registrar datos a partir del día 4 en donde se obtuvieron las siguientes temperaturas.

Fig 4.2 Temperatura en la fase termófila

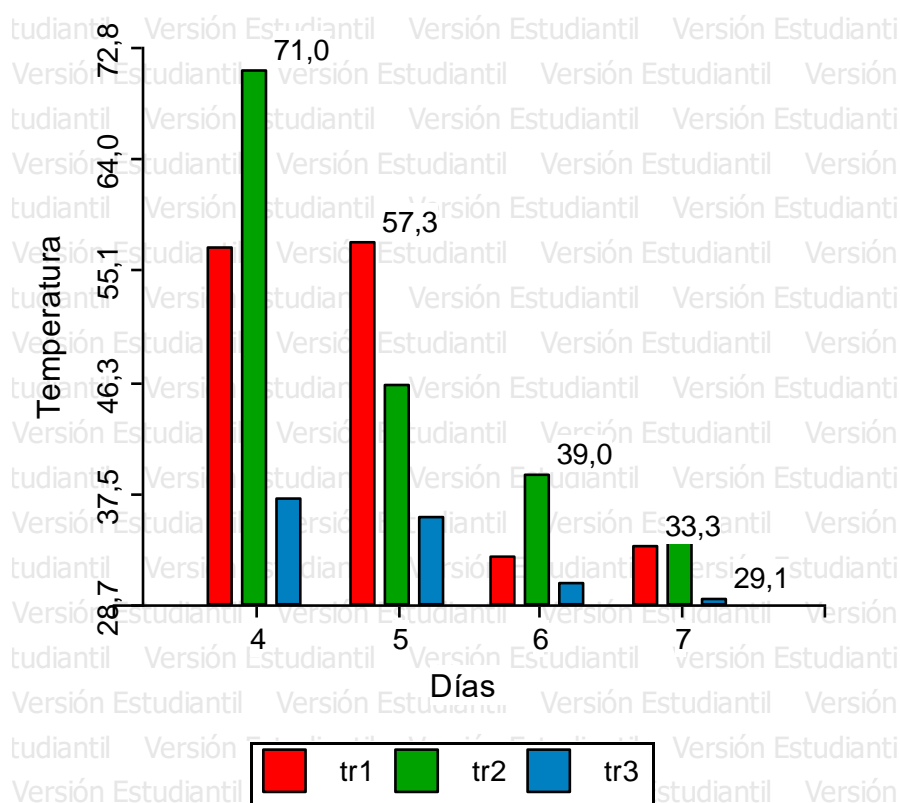


Fig 4.2 Temperatura de los tratamientos en el paso 2 fase termófila Fuente: diseñado en el software

Infostad, 2020 por Valdez, 2023

Pudiendo deberse a que existió una mayor colonización de consorcios de microorganismos provenientes de las soluciones de prueba 1 y 2 el tratamiento **b2** alcanzó 71°C a, seguido del tratamiento **a1** con 57°C , mientras que el tratamiento **c3** tuvo una temperatura mucho más baja de 37°C y continuó descendiendo durante

los días posteriores. Realizando los análisis estadísticos se obtuvo la siguiente tabla.

Ver Fig 4.2

Tabla 4.2 Análisis de Anova en temperatura fase termófila

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	493.287	2	246.643	1.57	0.2595
Dentro de los grupos	1411.28	9	156.809		
Total (Corr.)	1904.57	11			

Tabla 4.2 . Análisis de Anova en referencia a la comparación de la Temperatura durante la fase 2 de los tres tratamientos Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023

La tabla de Anova nos indica que la Razón F es de 1,57289. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual que 0,05, entre la media de un nivel de tratamiento a otro con un nivel de confianza del 95,0%.

No hay diferencias significativas entre la temperatura a los tres tratamientos

Ver Tab 4.2

Paso 3

En la etapa de enfriamiento que tuvo una duración de 30 días y se obtuvo lo siguiente. **Ver tabla 4.3 y Fig 4.3.**

Tabla 4.3 Análisis Anova en la fase de Enfriamiento

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Mediana	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	7.58132	2	3.79066	0.68	0.5080
Dentro de los grupos	1339.4	240	5.58084		
Total (Corr.)	1346.98	242			

Tab 4.3. Análisis de Anova en referencia a la comparación de la Temperatura durante la etapa de enfriamiento de los tres tratamientos. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023.

La tabla Anova nos muestra la razón F, que en este caso es igual a 0,679227. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05 entre la temperatura media de un nivel de TRAT a otro con un nivel de confianza del 95,0%. No hay diferencias significativas entre la temperatura a los tres tratamientos

Ver Tabla 4.3

Fig. 4.3 Temperatura media de los tratamientos

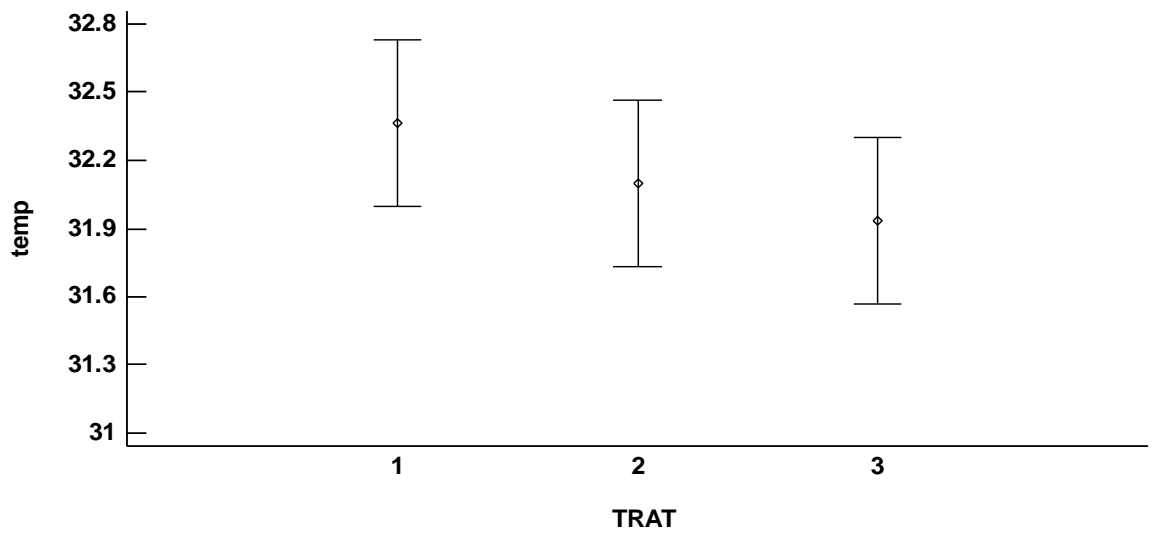


Fig 4.3 Temperatura media de cada tratamiento durante fase de enfriamiento Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023

Resultados de las pruebas de Germinación del compost

Pasado los 5 días de haber colocado las 10 semillas en cada caja Petri se pudo obtener los siguientes resultados. Ver Fig 4.4

Fig 4.4 Germinación de las semillas en los tratamientos con sustrato

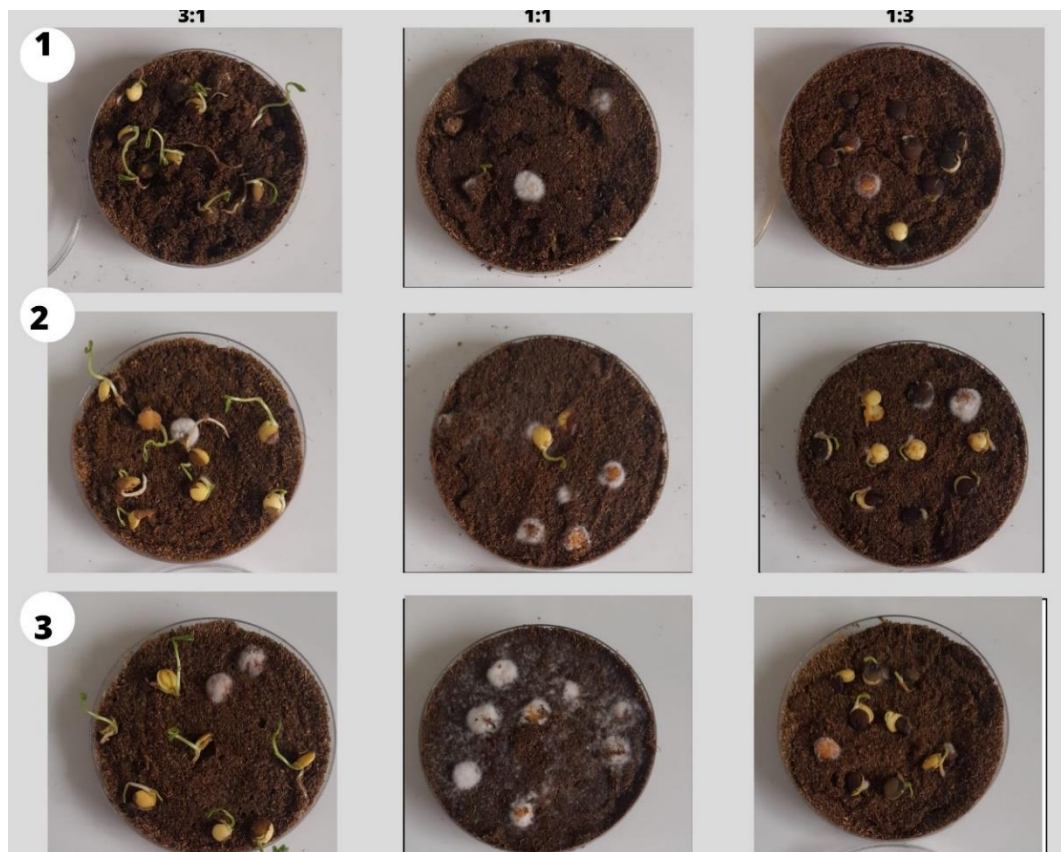


Fig 4.4. Resultados físicos de las pruebas de Germinación de los tres tratamientos con diferentes concentraciones de sustrato tierra y aserrín. Fuente: Valdez, 2023.

Se obtuvo que físicamente no existe una diferencia significativa en ningún tratamiento pese a las diferentes concentraciones de sustratos que fueron relaciones de 3:1 75% tierra y 25% aserrín, 1:1 50% tierra & 50% aserrín y 1:3 25% tierra y 25% aserrín. Sin embargo, la relación 3:1 en los tres tratamiento la cual estaba compuesta por 25.87g de tierra y 8.63g de aserrín compostado tuvo más éxito en cuanto a germinación. Fig 4.4

Tabla 4.4 Análisis Anova para diferencia entre concentraciones

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	0	2	0	0.00	1.0000
Dentro de los grupos	6.0	6	1.0		
Total (Corr.)	6.0	8			

Tabla 4.4 Diferencia entre los tratamientos a distintas concentraciones de sustrato tierra y aserrín compostado. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023

La tabla Anova muestra el coeficiente F, que en este caso es igual a $-4,44089E-16$. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05, entre la media RPC Y R de un nivel de TR a otro al nivel de confianza del 95,0%.

No hay diferencias significativas entre los tratamientos a distintas concentraciones de sustrato tierra y aserrín compostado. Ver **Tabla 4.4**

Tabla 4.5 Análisis Anova para diferencia entre PRSG en sustrato

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	1755.83	2	877.915	0.77	0.5035
Dentro de los grupos	6831.28	6	1138.55		
Total (Corr.)	8587.11	8			

Tab 4.5. Diferencia de Porcentaje Radicular de Semillas Germinadas PRSG en sustratos tierra y aserrín. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023.

La tabla Anova muestra el cociente F, que en este caso es igual a 0,771084. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05, entre la PRSG media de un

nivel de TR a otro en el nivel de confianza del 95,0%. No hay diferencias significativas entre los tratamientos en relación al Porcentaje Radicular de Semillas Germinadas PRSG en sustratos tierra y aserrín. **Ver Tabla 4.5**

Tabla 4.6 Análisis Anova para diferencia entre CRR en sustratos

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	1198.1	2	599.051	0.08	0.9279
Dentro de los grupos	47455.6	6	7909.27		
Total (Corr.)	48653.7	8			

Tabla 4.6 Diferencia de porcentaje de crecimiento relativo radicular CRR en tierra y aserrín a diferentes concentraciones. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023.

La tabla Anova muestra el cociente F, que en este caso es igual a 0,0757404. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05 entre la media de CRR de un nivel de TR a otro con un nivel de confianza del 95,0%. No hay diferencias significativas entre los tratamientos en relación al crecimiento relativo radicular CRR en tierra y aserrín a diferentes concentraciones **Ver Tabla 4.6**

Tabla 4.7 Análisis de Anova para comparación del IG en sustrato

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	599.904	2	299.952	0.07	0.9375
Dentro de los grupos	27591.6	6	4598.6		
Total (Corr.)	28191.5	8			

Tabla 4.7 Diferencia de porcentaje de Índice de Germinación IG en sustratos. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023

La tabla Anova. muestra el cociente F, que en este caso es igual a 0,0652268. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05 entre el IG medio de un nivel de TR a otro en el nivel de confianza del 95,0% No hay diferencias significativas entre los tratamientos en relación a Índice de Germinación IG en sustratos. Ver Tabla 4.6

Diferencia entre los tratamientos en solución acuosa y condiciones de oscuridad absoluta

Transcurridos los 5 días desde que colocamos las 10 semillas en las cajas Petri se obtuvo lo siguiente Ver Fig 4.5

Fig 4.5 Germinación de las semillas en los tratamientos con solución acuosa

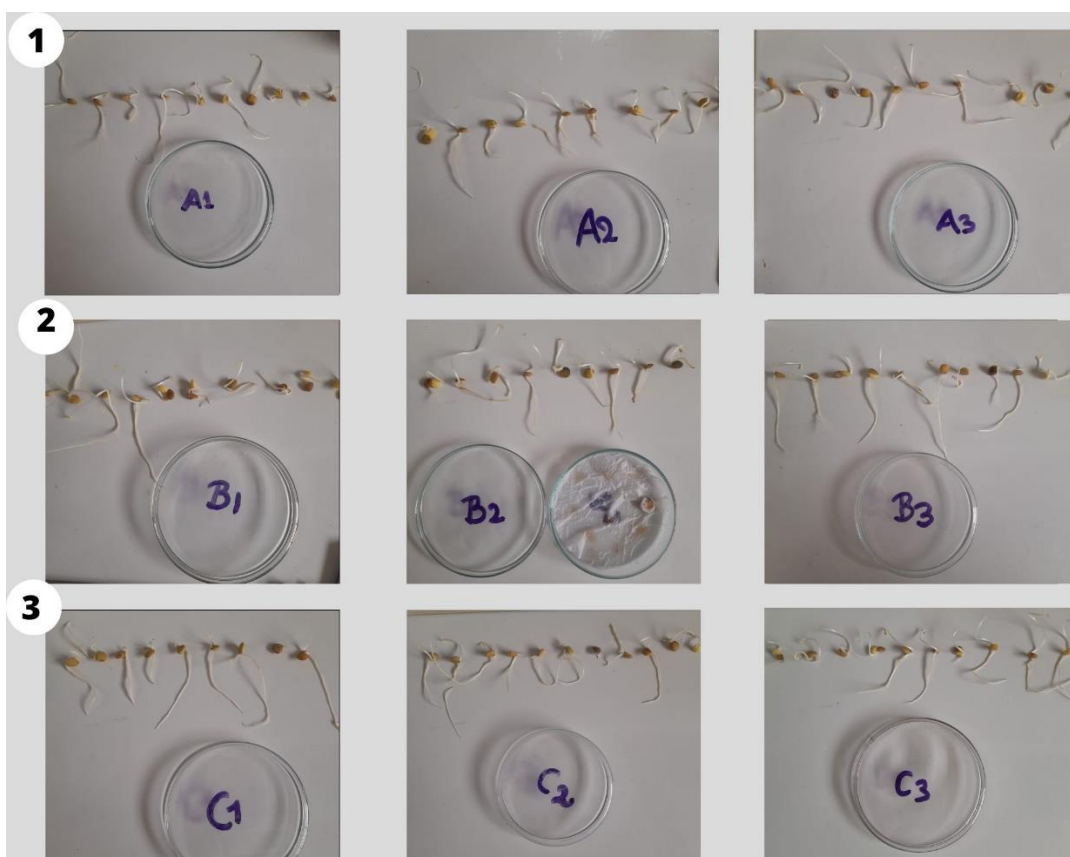


Fig.4.5 Resultados físicos de las pruebas de fitotoxicidad de los tres tratamientos inoculados con 3g de la solución de agua y compost Fuente: Valdez, 2023

Se puede observar que en los tratamientos sometidos a pruebas de germinación a partir de la solución en agua destilada y compost la mayoría de las semillas germinaron, esto quiere decir que sin importar la diferencia en los tratamientos los microorganismos hicieron un buen trabajo en la degradación de la materia y crecimiento germinativo de las semillas. Ver Fig 4.5

Tabla 4.8 Análisis de Anova para diferencia entre tratamientos

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	0	2	0	0.00	1.0000
Dentro de los grupos	6.0	6	1.0		
Total (Corr.)	6.0	8			

Tabla 4.8 Diferencia entre los tratamientos y sus réplicas inoculados con 3g de la solución de agua y compost. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023

La tabla Anova muestra el coeficiente F, que en este caso es igual a $-4,44089E-16$. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05, entre la media RPC Y R de un nivel de TR a otro al nivel de confianza del 95,0%. No hay diferencias significativas entre los tratamientos en relación a los tratamientos y sus réplicas inoculados con 3g de la solución de agua y compost. **Tab 4.8**

Tabla 4.9 Análisis Anova para diferencia entre PRSG en solución

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	27.4348	2	13.7174	0.33	0.7290
Dentro de los grupos	246.914	6	41.1523		
Total (Corr.)	274.348	8			

Tabla 4.9. Diferencia de Porcentaje Radicular de Semillas Germinadas PRSG en solución inoculados con 3g de la solución de agua y compost acuosa. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023.

La tabla Anova muestra el cociente F, que en este caso es igual a 0,333333. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05 entre la PRSG media de un nivel de TR a otro en el nivel de confianza del 95,0%. No hay diferencias significativas en relación a los tratamientos y sus réplicas inoculados con 3g de la solución de agua y compost **Tab 4.9**

Tabla 4.10 Análisis Anova para diferencia entre CRR en solución

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Mediana	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	2545.19	2	1272.6	0.40	0.6875
Dentro de los grupos	19132.1	6	3188.69		
Total (Corr.)	21677.3	8			

Tabla 4.10 Diferencia de porcentaje de crecimiento relativo radicular CRR en solución inoculados con 3g de la solución de agua y compost acuosa. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023

La tabla Anova muestra el cociente F, que en este caso es igual a 0,399097. Dado que el valor P de la prueba F es superior o igual a 0,05 entre la media de la RRC de un nivel de TR a otro con un nivel de confianza del 95,0%. No hay diferencias significativas en relación al crecimiento relativo radicular CRR en solución inoculados con 3g de la solución de agua y compost acuosa. **Ver tabla 4.9**

Tabla 4.11 Análisis Anova para comparación de IG en solución

Recurso	Suma de cuadrados	Df	Media	F-Ratio	P-Value
Entre grupos	4.36654E7	2	2.18327E7	0.45	0.6602
Entro de los grupos	2.94189E8	6	4.90316E7		
Total (Corr.)	3.37855E8	8			

Tab 4.11. Diferencia de porcentaje de Índice de Germinación IG en solución acuosa inoculados con 3g de la solución de agua y compost. Fuente: Extraído de Past versión 3 por Valdez, 2023

Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05 entre el IG medio de un nivel de TR a otro en el nivel de confianza del 95,0%. No hay diferencias significativas en relación al Índice de Germinación IG en solución acuosa inoculadas con 3 g de la solución de agua y compost. **Ver Tabla 4.11**

CAPÍTULO V

9. DISCUSIONES

Mediante este trabajo se obtuvo que a pesar que se aumentaron dos fuentes de obtención de los microorganismos benéficos en el método Takakura no existió diferencias significativas en cuanto a la temperatura a manteniéndose en valores superiores a 30 °C durante la fase de agregación de los residuos orgánicos, a diferencia de Rodríguez (2017) que realizó una investigación sobre el método de takakura en Perú, durante la época fría alcanzando valores menores a 22°C, al igual que el trabajo de Maza (2022) realizado en Lima que obtuvo una temperatura final de 22.3°C , se puede decir que la diferencia es debido los factores ambientales y climatológicos en donde se llevaron a cabo los distintos trabajos, puesto que el clima en Santa Elena durante la investigación presentó una temperatura máxima promedio de 28.84 °C según registros del CENAIM (2023) .

Takakura es un método que acelera el tiempo de la descomposición de la materia por ello este trabajo se realizó en un tiempo de 51 días con la agregación de la materia orgánica y 56 días con el proceso de germinación de semillas y pruebas físicas dando como resultado un compost de buena calidad al igual que Zabala (2019), quien lo realizó en 54 días mediante análisis fisicoquímicos los cuales también dieron como resultado una buena calidad en su compost. Illiquín (2014) comparó takakura con compost a base de microorganismos eficientes y tuvo un resultado con tiempo promedio de 57.67 días también sin una diferencia significativa entre ambos tratamientos.

Por otro lado en el trabajo de Becerra (2022) el proceso tuvo una duración de 50 días obteniendo un buen rango de calidad de compost final muy similar a este trabajo por eso se puede decir que si existe una aceleración del proceso de degradación de la materia al utilizar microorganismos fermentadores y eficientes. Esto va en total contradicción a Villa (2018) quien recolecto residuos orgánicos durante 14 días en 25 domicilios entre ellos estiércol , restos de frutas y verduras , ramas y demás, los cuales fueron reducidos y se colocaron en las composteras de

50cm x 30cm tomando datos semanales como pH, temperatura y humedad, siendo regado semanalmente, sin embargo tuvo respuesta negativa para la obtención del compost, lo cual indicó que el producto final no fué de buena calidad excediendo los parámetros. Se puede deber a que no existió un tratamiento adecuado, ni se hizo uso de los microorganismos eficientes, además el riego no es recomendable ya que hace que exceda la humedad y se detenga o que se haga mas lento el proceso de descomposición de la materia orgánica.

En este trabajo de investigación se pudo verificar también que el compost resultante de la técnica de Takakura y con las soluciones de prueba 1 y 2, pueden ser aplicados no solo como sustrato sino también en solución acuosa dandonos como resultado un buen porcentaje en la germinación de las semillas, y su crecimiento radicular un resultado muy similar al de Rodriguez (2019) que realizó un compost a base de lombrices obteniendo que el extracto de la solución acuosa de esta investigación sirve como una alternativa orgánica, ecológica y eficiente para las plantas como un fertilizante líquido natural, esto nos muestra que la técnica aplicada en el desarrollo de este trabajo va a la par con nuevas técnicas amigables y ecológicas con el planeta.

10. CONCLUSIONES

Se logró realizar este trabajo de investigación en un total de 56 días distribuidos en la preparación de soluciones 7 días, fase termófila 7 días agregación de materia orgánica 30 días, estabilización 7 días y determinación del Índice de Germinación de Zucconi en 5 días. En base a esto según las sumatorias del total de pruebas físicas realizadas en los tres tratamientos se obtuvo que el tratamiento a1 y c3 tiene una calidad buena y el tratamiento b2 presenta calidad muy buena. Es decir que todos los tratamientos cumplen con las normas para poder ser usado, sin causar daños a las plantas.

También se comprobó que no existe diferencia significativa en cuanto a temperatura durante los 30 días de agregación de los residuos orgánicos, en donde la temperatura se mantuvo cerca de los 30°C. De todo lo expuesto anteriormente y tras los análisis estadísticos, se obtuvo que de acuerdo a la temperatura durante la fase inicial y la fase termófila los valores son superiores o iguales a 0,05 mostrándonos que no existe diferencia significativa en los tres tratamientos.

Así mismo en base a las pruebas de Zucconi realizadas en el laboratorio de Ciencias Biotecnológicas de la Upse se obtuvo que no existió diferencia significativa es decir no que influye el aumento de las soluciones de prueba 1 y 2 utilizadas en los tratamientos de Takakura, respecto al porcentaje radicular de semillas germinadas, crecimiento relativo radicular e índice de germinación en los tres tratamientos experimentales. Sin embargo, en las pruebas con sustratos se observó más éxito en cuanto a germinación en la relación 3:1 compuesta por 75% tierra virgen y 25% compost experimental en peso 25.87g de tierra y 8.63g de aserrín compostado deduciendo que se esta concentración es más efectiva ya que si se pone demasiado compost se inhibe el desarrollo de la planta. También se concluye que se puede utilizar el biofertilizante en solución acuosa no solamente en sustrato y se tendrá un buen resultado.

11. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios exhaustivos y más a profundidad sobre las especies que conforman los consorcios de microorganismos que participan en la degradación de la materia orgánica, ya que hasta la fecha no existen registros a nivel especie.
- Reducir a partículas muy pequeñas los residuos orgánicos antes de aplicar al proceso de degradación, con el fin de que sea más asimilable por los microorganismos.
- En el manejo de la técnica, es recomendable realizar volteos, todos los días para proveer de oxígeno a los microorganismos y evitar malos olores. Así como, tapar bien las composteras para evitar que los microorganismos benéficos puedan ser invadidos por otros organismos de mayor tamaño y dañar nuestro producto final.
- Tomar en cuenta más variedad de semillas para realizar las pruebas de germinación, desarrollo radicular o crecimiento de la planta, para verificar la influencia del tratamiento a ser aplicado y realizarlo en varias concentraciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Cayama, J., Gómez, E., Reyes, N., Rojas, D., & García, H. (2006). Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. *Redaly*, 6(3). Redaly: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90460303.pdf>
- Agrícola, R. (03 de 2021). Microorganismos probióticos regeneran fertilidad del suelo y potencian productividad de los cultivos. *Red Agrícola*. <https://www.redagricola.com/pe/microorganismos-probioticos-regeneran-fertilidad-del-suelo-y-potencian-productividad-de-los-cultivos/>
- Agroandes. (2023). *Probióticos y Enzimas*. Insumos: <https://agroandres.com.ec/producto-agropecuario/probioticos-y-enzimas/aquastar/>
- Agroandes. (2023). *Productos Agropecuarios , probióticos y enzimas*. Insumos: <https://agroandres.com.ec/producto-agropecuario/probioticos-y-enzimas/hgs-7/>
- Alarcon, J., Recharte, D., Yanqui, F., Moreno, S., & Buendía, M. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Scielo*, 11(1). [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100067#:~:text=Los%20Microorganismos%20Eficientes%20\(EM\)%2C,Luna%20y%20Mesa%2C%202017\).](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000100067#:~:text=Los%20Microorganismos%20Eficientes%20(EM)%2C,Luna%20y%20Mesa%2C%202017).)

Antón, F., y Rosario, M. (2014). Interacciones microorganismos-suelo-planta en la preservación del medio ambiente y la salud / Plant-soil-microorganisms interactions on the protection of the environment and health. *An. R. Acad. Farm*, 743-776.
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-36135>

Antunes, L., Martins, L., Roberto, V., Maltez, A., barbosa, D., Nascimento, L., . . . Libia, S. (2016). Estructura y dinámica de la comunidad microbiana en el compostaje termofílico visto a través de la metagenómica y la metatranscriptómica. *Scientific reports*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1038/srep38915>

Ávila, M. d. (2015). *“Proceso de Producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad del composta partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos Sapallanga Guacayo.* Repositorio UNCP:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3511/Rafael%20Avila.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ayilara, M., Olanrewaju, O., Babalola, O., & Odeyemi, O. (2020). Gestión de Residuos a través del Compostaje: Desafíos y Potenciales. *MDPI*, 12(11). <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4456>

Azurduy, S., Azero, M., & Ortuño, N. (2016). Evaluación de Activadores Naturales para Acelerar el Proceso de Compostaje de Residuos Orgánicos en el Municipio de Quillacollo. *Scielo*, 7(4).
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892016000200002

- Bautista, N., Salavarría, E., y Trocoli, L. (2022). Bioeconomía: La Diversificación de la Economía y la Generación de nuevas cadenas de valor en los recursos marinos costeros. (A. M. Cerqueira de Oliveira, Ed.) *Producción Científica en Ciencias Biológicas* 4, 25. <https://doi.org/https://doi.org/10.22533/at.ed.105222010>
- Benítez, R. (2022). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura* . <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>
- Bohórquez, W. (2019). *El proceso del Compostaje* (Unisalle ed.). https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-X_1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA7&dq=fases+del+compost+&ots=0lqR2Y_Hy6&sig=ywyfY2EYmT3svK7Dxdszff_rQH4#v=onepage&q=fases%20del%20compost&f=false
- Cabrera, O., Días, F., Peña, J., y Vera, J. (Noviembre-Diciembre de 2012). *Scielo Revista Mexicana de la Ciencias Agrarias*. Impact of biofertilizers in agriculture: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015
- Camacho, F., Uribe, L., Newcomer, Q., Masters, K., & Kinyua, M. (2018). Fitotoxicidad de compost producido con cultivos de microorganismos de montaña y lodos de biodigestor. *Scielo*.

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/cinn/v11n2/1659-4266-cinn-11-02-75.pdf>

Carillo, D., y Acosta, J. (2022). Planificación ambiental y el reciclaje de desechos sólidos urbanos. *Scielo Economía, sociedad y territorio*, 22(69). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-84212022000200519&script=sci_arttext

Cepal. (2002). Gran potencial para solucionar problemas ambientales: <https://www.cepal.org/es/comunicados/gran-potencial-solucionar-problemas-ambientales>

Dávila, M., Gallegos, G., Hernandez, F., Ochoa, Y., & Flores, A. (2013, diciembre). Actinomicetos antagónicos contra hongos fitopatógenos de importancia agrícola. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. *Scielo*, 4(8). Scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000800006#:~:text=Los%20actinomicetos%20son%20bacterias%20Gram,et%20al.%2C%202000).

Docampo, R. (2013). *Compostaje y compost*. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1839/1/128221231213112259.pdf>

Escuela de Ciencias Agrícolas, P. y. (2011). *Revista de Investigación Agrícola y Ambiental*, 2(2), 31. <https://es.scribd.com/document/377325895/88-52-PB#>

- Falappa, M. B., y Lamy, M. (2019). *De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI*.
https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/14316/falappa-fce.pdf
- Galitskaya, P., Biktasheva, L., Saveliev, A., Grigorieva, T., Boulygina, E., y Selivanovskaya, S. (2018). Sucesiones fúngicas y bacterianas en el proceso de co-compostaje de desechos orgánicos según lo revelado por pirosecuenciación. *PLOS ONE*, 12(10).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186051>
- Graneda, O., Arturo, D., Peña, J., y Vera, J. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Scielo*, 3(6).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000600015
- Guzmán, S. (2017). *Los microbios y la ecología* (Vol. 68).
https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_2/PDF/MicrobiosEcologia.pdf
- Jimenez, S. O. (2015). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador, (Tesis)*. o. Elaboración de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del Cantón Riobamba: en línea
- Khan Academy*. (2023). Introducción a los ciclos biogeoquímicos:
<https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/introduction-to-biogeochemical-cycles>

Laboratorio CSR. (2019). CRS Laboratorio:

<https://cslaboratorio.es/laboratorio/agricultura/fertilizantes-y-abonos/que-es-un-buen-compost-y-como-aplicarlo/#:~:text=Valores%20entre%200%2C5%20y%204%2C0%20dS%2Fcm.&text=Es%20el%20nutriente%20que%2C%20en,en%20mayor%20cantidad%20del%20suelo.&text=El%20>

Landon, C. (2005). *Folleto de la FAO sobre diversificación* . Los medios de vida crecen en los huertos:

<https://www.fao.org/3/y5112s/y5112s00.htm#Contents>

Lázaro, O., Hernández, C., López, A., & Frómeta, C. (2020, Diciembre 27). Evaluación de diferentes sustratos enriquecidos con microorganismos para la producción de compost en áreas naturales. *Temas Agrarios*, 25(2), 129-140.

<https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/2455/3096>

Leet, L. (2014). Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. *Scielo Revista argentina de microbiología*, 46(1). Retrieved 04 de 2023, from

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0325-75412014000100001&script=sci_arttext&lng=en

Libro Blanco de Economía Circular del Ecuador. (2021).

https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Libro-Blanco-final-web_mayo102021.pdf

LOEI. (06 de Julio de 2021). Ley Orgánica de Economía Circular Inclusiva.
Zona Legal.

<https://www.zonalegal.net/uploads/documento/LEY%20ORGNICA%20DE%20ECONOMA%20CIRCULAR%20INCLUSIVA.pdf>

López, A., & Lannacone, J. (2021). Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina. *PAIDEIA XXI*, 11(2), 453-474.

MAE. (2016). *Ministerio del Ambiente , agua y transición ecológica.*

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/PNGIDS.pdf>

Marcia, A., y Días, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. Avances en Ecuador. *Revista uasb.*

[https://doi.org/ https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10](https://doi.org/10.32719/25506641.2020.8.10)

Mendoza, J. (2018). *Evaluación de diferentes tasas de aireación y de agente de carga en el proceso de Biosólidos y residuos sólidos orgánicos.* tecnm:

<https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/4038/1/Tesis.pdf>

Morales, A. S., & Rivera, M. I. (2022, 11). *Repositorio institucional buap.*

Efecto del compostaje en cultivo de tomate verde (*Physalis ixocarpa*):

<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/18259>

Morocho, M., & Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Scielo*, 46(2), 93-103.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0253-

- Morocho, Mariuxi; Leiva, Michel. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Scielo*, 46(2).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852019000200093
- Nieto, D. (2012). *Modelación de la fase termofílica en un proceso de composteo*. Tesis :
https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19726/Diego_Alejandro_Nieto_Monteros.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- ONU. (21 de Octubre de 2021). *unep.org*. Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente:
<https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- Pampuro, N., Bisaglia, C., Romano, E., Brambilla, M., Foppa, E., & Cavallo, E. (2017, 11). *MDPI*. Fitotoxicidad y Caracterización Química de Compost Derivado de Fracción Sólida de Purín de Cerdo para la Producción de Pellets Orgánicos:
<https://www.mdpi.com/2077-0472/7/11/94>
- Pérez, M., Alvarez, Y., Santos, J., y Perez, M. (1 de octubre de 2021). *Scielo* . Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-88972020000100093&script=sci_arttext
- Prast, A., Gaxiola, A., Lúcia, A., Durán, J., Rodriguez, A., & Marrota, H. (2022). Ciclos Biogeoquímicos y cambios globales. *Docsity*, 110-

121. <https://www.docsity.com/es/capitulo-6-ciclos-biogeoquimicos-y-cambios-globales/9055437/>

Ramirez, P. (2016). *Repositorio Upse*. Estudio del manejo de los desechos sólidos y su impacto en el desarrollo sustentable de la comuna Palmar , Parroquia Colonche , Cantón Santa Elena:
<https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/3236/1/UPSE-TAP-2015-0056.pdf>

Rivadeira, J. M. (2018). *Repositorio Epoch*. Compostaje de residuos sólidos orgánicos provenientes de los mercados municipales de la ciudad de macas, mediante la técnica de takakura:
<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/10149/1/236T0361.pdf>

Rodríguez, I. (2017). *Repositorio ucv* . Influencia del uso de Residuos Orgánicos de domicilios , mercado y jardinería en la calidad y eficiencia del compost Takakura, Laredo:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22505/rodriguez_ni.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Segura, A., Rojas, L., Pulido, & A, J. (2020). Referentes mundiales en sistemas de Gestión de Residuos sólidos. *Revista Espacios*, 41(7), 22. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n17/a20v41n17p22.pdf>

Terry, E., Leyva, A., & Hernández, A. (2017). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Dialnet Revista Colombiana de*

Biotecnología, 7(2), 47-54.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2351591>

Tortosa, G. (2013). *Compostando Ciencia*. Índice de Germinación de Zucchini, la prueba más usada para saber la madurez de un compost: <http://www.compostandociencia.com/2013/12/test-de-zucchini-o-indice-de-germinacion-de-un-compost-html/>

Vásquez, E., y Millones, C. (Julio de 2021). Una revisión sobre la diversidad microbiana y su rol en el compostaje aerobio. *Aporte Santiaguino*, 14(2).

<https://doi.org/https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n2.822>

Wei, W., Wang, L., & Hassan, M. (2019). Succession of the functional microbial communities and the metabolic functions in maize straw composting process. *Science Direct*, 256, 333-341.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.02.050>

Yepsen, R. (1984). The encyclopedia of natural insect and disease control. Revised Edition. *Materia orgánica y actividad biológica:*

[https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf)

[104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf)

Zabala, R. (2019). *Repositorio ucv*. Compostaje con el método Takakura para reducción de residuos orgánicos del Pueblo Joven San Borja:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/46346/Zavala_SRA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

12. ANEXOS

Anexo 1 Procedimiento del Compostaje



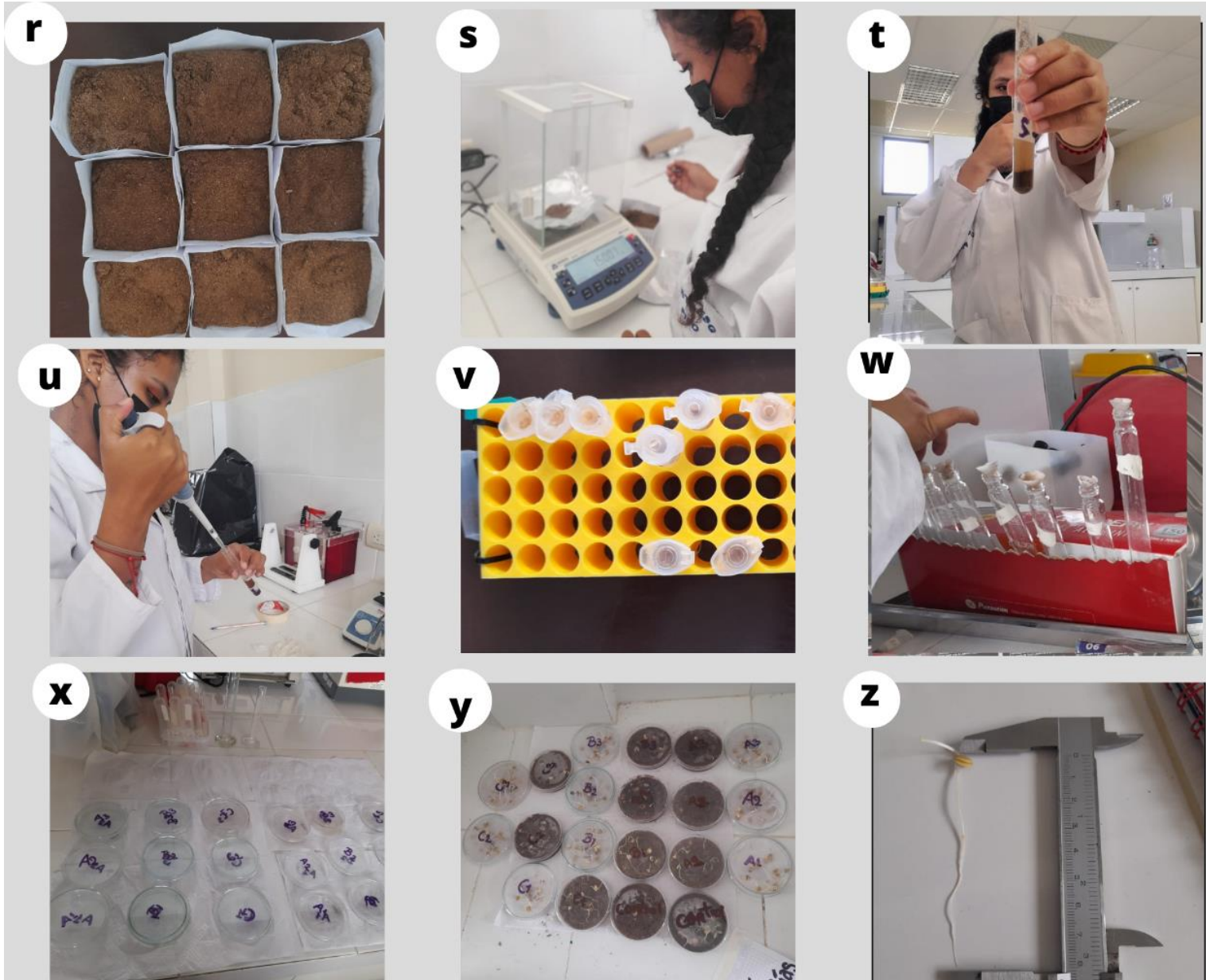
a) Elaboración de composteras, b) Elaboración de soluciones, c) Solución dulce y salada d), Preparación del aserrín para la segunda fase, e) Alimentación de los microorganismos con harina, f) Solución dulce pasada por colador, g) Mezcla de todos los ingredientes (segunda fase), h) Toma de temperatura en la etapa termófila, i) Presencia de hongos y moho.

Anexo 2 Adición de la materia orgánica



j) Paso de las mezclas a las 9 composteras, k) Las 9 composteras separadas por colores de acuerdo al tratamiento, l) Colocación de cáscaras de huevo para descomposición, m) Residuos orgánicos picados lo más finos para colocar en cada compostera, n) Observación de alguna anomalía en las composteras, ñ) Toma de apuntes de temperatura, o) Cáscaras picadas para descomposición p) Compost pasado por el colador para realizar test de fitotoxicidad, q) Separación del compost en cajitas más pequeñas para estabilización de microorganismos.

Anexo 3 Análisis de Laboratorio



r) Muestras de cada tratamiento llevadas al laboratorio para respectivos análisis, s) Peso del sustrato para realizar la mezcla con agua destilada en el tubo de ensayo, t) Mezcla de solución acuosa durante 2h, u) Paso del sobrenadante a microtubos para centrifugación, v) Rotulación de micro tubos con cada tratamiento experimental y réplica, w) Filtrado de sobrenadante después de la centrifugación a tubos de ensayo, x) Rotulación de las cajas Petri, y) Último día de experimentación en el laboratorio, z) Toma de longitud radicular de las semillas germinadas para los respectivos cálculos.

**Anexo 4 Distribución y esparcimiento del compost en la
Facultad Ciencias del Mar**





Anexo 5 Línea de Tiempo de la investigación

PRIMERA FASE

Elaboración de las soluciones,
(Dulce y Salada)



10 DE MAYO



17 DE MAYO

SEGUNDA FASE

Se realizó la base de la semilla de Compost (Mezcla de las soluciones con aserrín y hojarazca) formación de 3 pilas



18 DE MAYO

Se deja transcurrir 7 días mezclando diariamente para obtener oxígeno.



25 DE MAYO



TERCERA FASE

Elaboración de las 9 cajas composteras y división de tratamientos por colores. se añade material orgánico durante 30 días.

ESTABILIZACIÓN DEL COMPOST

Se separa en cajas más pequeñas para estabilizar el material a ser utilizado dejándolo en reposo durante 10 días



25 DE JUNIO

PRUEBA DE GERMINACIÓN

Se tomó una muestra de cada tratamiento para análisis de test de Germinación en sustrato y en solución acuosa total 18 cajas Petri



5 DE JULIO

FERMENTACIÓN COMPLETA

Al transcurrir 7 días las soluciones están listas para la mezcla

Anexo 6 Diferencia de concentraciones a utilizar

Relación	tierra (%)	compost (%)	tierra (g)	compost(g)
1:0	100	0	34,5	0
3:1	75	25	25,87	8,63
1:1	50	50	17,25	17,25
1:3	25	75	8,63	25,87
3:1	0	100	0	34,5

Datos de relación, porcentajes y gramos que se utilizaron para las pruebas de germinación con sustrato tierra y aserrín compostado.

SOL	TR	RPC Y R	PRSG	CRR	IG
1	1	1	88,89	107,69	95,73
1	1	2	33,33	6,99	2,33
1	1	3	22,22	6,99	1,55
1	2	1	100,00	6,99	6,99
1	2	2	66,67	167,13	111,42
1	2	3	66,67	0,00	0,00
1	3	1	77,78	191,61	149,03
1	3	2	0,00	0,00	0,00
1	3	3	66,67	13,99	9,32
2	1	1	111,11	289,51	32167,83
2	1	2	111,11	263,64	29292,93
2	1	3	100,00	311,19	31118,88
2	2	1	111,11	305,59	33954,93
2	2	2	100,00	244,76	24475,52
2	2	3	111,11	428,67	47630,15
2	3	1	100,00	300,70	30069,93
2	3	2	100,00	276,92	27692,31
2	3	3	111,11	304,20	33799,53

Tabla de Datos resultantes de sol (solución 1 y 2) con su respectivo tratamiento (TR), réplica (RPC) y Relación (R)

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 3322

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2023-3322

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2023-07-03	2024-01-03

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Bacteria
Fungi
Protozoa

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCIÓN

Nº de C./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
1755045406	VALDEZ MANZABA ANABEL CRISTINA	Ecuatoriana	No aplica	NA	Actinobacteria;Actinomycetia;Bacilli;Bacteroidia
0912260387	SALAVARRIA PALMA ERIKA ALEXANDRA	Ecuatoriana	6041127275	Genómica de macroalgas	Actinobacteria;Actinomycetia;Archaeorhizomycetes;Bacilli

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLOGICA:

Nombre del Proyecto: Influencia de los microorganismos eficientes en el aprovechamiento ecológico de residuos orgánicos.

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:

Determinar la influencia de microorganismos eficientes, mediante la inoculación en tres tratamientos experimentales, para el aprovechamiento ecológico de residuos sólidos orgánicos.
Medir los parámetros de calidad del compost, como temperatura, humedad, relación Carbono- Nitrógeno, presencia de oxígeno, pH
Comparar la diferencia estadísticamente significativa de los tratamientos de inoculación a utilizar en el compost.
Aplicar tres tratamientos de inoculación de microorganismos eficientes en los residuos sólidos orgánicos para su aprovechamiento ecológico

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
SANTA ELENA	NA	NA

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	N° MUESTRA	N° LOTE
Bacilli	Lactobacillales	NA	NA	NA	organismos		3
Bacilli	Bacillales	NA	NA	NA	organismos		3
Actinobacteria	Acidimicrobiales	NA	NA	NA	organismos		3
Actinobacteria	Streptomycetales	NA	NA	NA	organismos		3

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Se realizará el compost utilizando el tradicional método Takakura en diferentes cajas composteras de medidas 30cm x 20cm en tres diferentes tratamientos variando las fuentes de obtención de microorganismos y probióticos a utilizar. En el primero se utilizará solo los microorganismos eficientes (ME) obtenidos con las dos soluciones que se detallan en el en el procedimiento (salada y dulce). En el segundo tratamiento se utilizará un probiótico comercial y en el tercero otro se utilizará melaza y vitamina B, estos tratamientos tendrán tres réplicas cada uno, con el fin de obtener datos más confiables y para poder realizar los análisis estadísticos.
FASE DE PRESERVACIÓN:	La calidad del compost final depende de varios parámetros que intervienen durante el proceso de fermentación y maduración, los cuales generalmente oscilan dentro de unos rangos debido a la heterogeneidad de la mezcla

inicial (los residuos) y a las posibles variaciones estacionales en su composición. Estos parámetros son la temperatura, humedad, relación Carbono- Nitrógeno, presencia de oxígeno, pH (Avila, 2015)

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS EN EL LABORATORIO:	<p>El método Takakura se elabora en tres fases (Takakura, 2013). • Primera fase Elaboración de Dos Soluciones con el fin de crear un ambiente adecuado para la producción de microorganismos eficientes en el proceso de compost. Solución Salada Se necesita 500ml de agua, sal y cáscaras de verduras y frutas (a excepción de tubérculos). Los cuales deben cubrir la tercera parte del botellón. Solución Dulce Se necesita 1.500 ml de agua, azúcar 1 botellón, 3 cucharadas de levadura, un vaso de suero o yogurt (mientras más marcas mejor). Se puede añadir vino tinto, queso y suero • Segunda fase Base de la Semilla del Compost Se necesita 15 kilos de cascarilla de arroz, se puede reemplazar con hojarasca, aserrín o viruta y media arroba de manto de bosque (que se encuentre húmedo). Alimento para los microorganismos Se necesita harina o afrecho de arroz en la misma cantidad que la base de la semilla, un balde, 1 pala pequeña, hojas de periódico • Tercera fase Elaboración de la Compostera Se necesita 1 gaveta mediana (con huecos en su interior que permitan la respiración de los microorganismos, una caja de cartón, masking, una tela, varias hojas de periódico y una tina 30x20cm</p>
---------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCION.

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
NA-Zygomycota	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio
Actinomycetia	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Classiculomycetes	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Lichinomycetes	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio
Archaeorhizomycetes	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Zoopagomycetes	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio
NA-Zygomycota	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Bacteroidia	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Bacteroidia	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Actinobacteria	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
Bacteroidia	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
NA-Zygomycota	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Archaeorhizomycetes	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio
Actinomycetia	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio

Actinobacteria	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Classiculomycetes	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Lichinomycetes	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Actinobacteria	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio
Actinobacteria	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Classiculomycetes	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio
Lichinomycetes	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
Bacilli	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Zoopagomycetes	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Zoopagomycetes	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Bacilli	AGUA DESTILADA	Material en Laboratorio
Classiculomycetes	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
Actinomycetia	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Lichinomycetes	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio
Archaeorhizomycetes	GUANTES DE NITRILO	Material en Laboratorio
Bacilli	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
Archaeorhizomycetes	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
Zoopagomycetes	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
NA-Zygomycota	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
Actinomycetia	BALANZA ANALITICA	Equipo en Laboratorio
Bacilli	TUBO DE ENSAYO	Material en Laboratorio

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Archaeorhizomycetes	Herbario Instituto Nacional de Biodiversidad
Lichinomycetes	Herbario Instituto Nacional de Biodiversidad
Bacilli	Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales -INB
NA-Zygomycota	Herbario Instituto Nacional de Biodiversidad

Actinobacteria	Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales -INB
Actinomycetia	Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales -INB
Bacteroidia	Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales -INB
Classiculomycetes	Herbario Instituto Nacional de Biodiversidad
Zoopagomycetes	Herbario Instituto Nacional de Biodiversidad

14.- RESULTADOS ESPERADOS

• Se espera obtener el compost a base de desechos orgánicos recolectados en el bar de la Universidad Estatal de Santa Elena en un tiempo considerable, teniendo en cuenta que la literatura menciona que el método Takakura acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica mediante la aplicación de los microorganismos eficientes creados por procesos de fermentación y condiciones salinas. Además se espera obtener una buena semilla para la elaboración del compost para que el trabajo pueda servir como base de datos para futuras investigaciones. • Una diferencia significativa se espera obtener en cuanto la influencia de los microorganismos aplicados en cada tratamiento, se estima que exista un mejor aprovechamiento de los residuos sólidos en el primer tratamiento, por el desarrollo de colonias más diversas de microorganismos, que en los otros dos tratamientos. • Se espera obtener datos diferentes en cuanto a parámetros analizados como son: relación C/N con el fin de verificar la eficiencia de hacer estos métodos de compostaje naturales, es importante seguir ciertas estrategias y control al momento de realizar los tratamientos.

15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

METAS	DESCRIPCIÓN
Resultado04.19El Ecuador, bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones de la Biodiversidad, impulsa la investigación científica aplicada y la gestión del conocimiento sobre el patrimonio natural y desarrolla procesos tecnológicos innovadores que sustentan el cambio de la matriz productiva	Fortalecer la base de datos en relación a la influencia de macroorganismos eficientes en el aprovechamiento ecológico de residuos orgánicos

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **VALDEZ MANZABA ANABEL CRISTINA**
2. Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA DE SANTA ELENA**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2023/12/19**
4. Valoración técnica del proyecto: **CHOCHO SANCHEZ VICTOR EDUARDO**

5. Esta Autorización NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.

6. Esta Autorización NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS, sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.

8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolecto el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **VALDEZ MANZABA ANABEL CRISTINA.**

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
VEINTIMILLA YANEZ DAVID ALEJANDRO
2023-06-20



Firmado electrónicamente por:
DAVID ALEJANDRO
VEINTIMILLA YANEZ

Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica

Dirección: Calle 1159 y Andalucía

Código postal: 170525 / Quito-Ecuador

Teléfono: +593-2 398 7600

www.ambiente.gob.ec