



**Universidad
Popular del Cesar**



**EFICIENCIA DE *Bacillus subtilis* Y *Trichoderma harzianum* EN EL
COMPOSTAJE DE *Eichhornia crassipes* DE LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA**

**EFFICIENCY OF *Bacillus subtilis* AND *Trichoderma harzianum* IN THE
COMPOST OF *Eichhornia crassipes* FROM THE ZAPATOSA SWAMP**

Hernilda Hoyos Angulo

Jonathan Andres Ariza Rozo

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS

PROGRAMA: MICROBIOLOGÍA

VALLEDUPAR— CESAR

2023

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	8
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. OBJETIVOS	12
4.1 OBJETIVO GENERAL	12
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
5. HIPÓTESIS	13
6. MARCO TEÓRICO	14
6.1. <i>Eichhornia crassipes</i>	14
6.2. Eutrofización	15
6.3. Solarización	16
6.4. Compostaje	16
6.4.1. Temperatura en el compostaje	17
6.5. MICROORGANISMOS EFICIENTES	18
6.5.1. <i>Bacillus subtilis</i>	18
6.5.2. <i>Trichoderma harzianum</i>	19
7. ANTECEDENTES	21
8. BASES LEGALES	26
Resolución No. 00375 (27 de febrero de 2004).	26
NTC 5167 Productos para la industria agrícola.	26
9. METODOLOGÍA	27

9.1. TIPO DE ESTUDIO Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	27
9.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	27
9.3. MUESTREO Y PROCEDIMIENTO	27
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
10.1. Reacción de descomposición de la materia orgánica	33
10.2. Características Físicas	37
10.2.1. Temperatura	37
10.2.2. Densidad	39
11. CONCLUSIÓN	43
12. RECOMENDACIONES	44
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
14. ANEXOS	56

RESUMEN

Eichhornia crassipes, conocida comúnmente como taruya, es una planta acuática de alto desarrollo en el complejo cenagoso de la zapatosa en el departamento del Cesar, donde limita la navegación, pesca y desarrollo de animales acuáticos por reducción de luz solar, por lo cual es importante plantear soluciones de biocontrol y/o aprovechamiento de este recurso. En consecuencia, se plantea un estudio con el objetivo de evaluar la eficiencia de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* en el compostaje de *Eichhornia crassipes* proveniente de la Ciénaga de Zapatosa. La investigación llevada a cabo consistió en la evaluación de la degradación de sustratos en composteras de capacidad de 200 g, con restos orgánicos, taruya y viruta. Se emplearon, diversas técnicas de control de los microorganismos de manera individual o combinada en comparación con un control sin los microorganismos, mediante un método de compostaje rápido o caliente, el cual reduce el tamaño de los compuestos en el proceso. Posteriormente, se midió calidad microbiológica en recuento de mesófilos aerobios y coliformes en producto final y calidad física en densidad aparente. Los resultados indican un proceso de reducción de biomasa eficiente en ambos microorganismos en forma individual, con ausencia de coliformes y recuento aceptable de mesófilos aerobios sin desarrollo de fitopatógenos. En conclusión, el compostaje con los microorganismos evaluados tiene potencial para reducir la problemática asociada a la taruya en la Ciénaga de Zapatosa y además se genere un producto de importancia agrícola para la zona.

Palabras Claves: Abono, Taruya, Promotores de crecimiento.

Abstract

Eichhornia crassipes, commonly known as taruya, is a highly developed aquatic plant in the swampy complex of La Zapatosa in the department of Cesar. It limits navigation, fishing, and the development of aquatic animals due to reduced sunlight, which is why it is important to propose biocontrol solutions and/or use of this resource. Consequently, a study is suggested with the objective of evaluating the efficiency of *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* in the composting of *Eichhornia crassipes* from the shoe swamp. The research carried out consisted of the evaluation of the degradation of substrates in compost bins with a capacity of 200 g, with organic remains, logs, and shavings. Various techniques were used to control the microorganisms individually or in combination compared to a control without the microorganisms, using a rapid or hot composting method, which reduces the size of the compounds in the process. Subsequently, microbiological quality was measured in the count of aerobic mesophiles and coliforms in the final product and physical quality in apparent density. The results indicate an efficient biomass reduction process in both microorganisms individually, with the absence of coliforms and an acceptable count of aerobic mesophiles without the development of phytopathogens. In conclusion, composting with the evaluated microorganisms has the potential to reduce the problems associated with taruya in the Ciénaga de Zapatosa and also generate a product of agricultural importance for the area.

Keywords: Fertilizer, Taruya, Growth promoters.

1. INTRODUCCIÓN

Eichhornia crassipes por su nombre científico o taruya, buchón de agua como nombre común, es una especie sudamericana de maleza acuática que crece muy rápidamente, generando grandes daños al ambiente y en el ámbito socio económico; debido a afecciones como estas, se busca encontrar métodos que eliminen o le den un valor en uso a esta planta. Esta planta es predominante en el complejo acuático de la Ciénaga de Zapatosa del departamento del Cesar, donde genera dificultades para la navegación, la pesca y desarrollo de la fauna y flora del ecosistema hídrico, dada su sobre población y lenta descomposición por ser un material con alto contenido de celulosa y lignina.

Es por ello que se propone en esta investigación la elaboración de compost a partir de esta planta como material principal en una mezcla capaz de producir un abono de gran calidad.

El objetivo del estudio es evaluar la eficiencia de *Bacillus subtilis* Y *Trichoderma harzianum* en el compostaje de *Eichhornia crassipes*.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Diversas especies de plantas exóticas se han extendido por todo el mundo durante el siglo XXI, debido a que gran parte de la superficie terrestre tiene altos niveles de nutrientes o carga orgánica depositada en corrientes de agua, la planta jacinto de agua denominado *Eichhornia crassipes* es una de las especies invasoras más comunes, de alta fertilidad, originaria de Brasil y otros países de América del Sur (Enyew, Assefa y Gezie, 2020) incluida Colombia, donde se encuentra originaria de la cuenca del Amazonas, sin embargo, se clasifica como una planta altamente fértil, representa alto riesgo porque exhibe una fuerte competencia con especies autóctonas de los cuerpos de agua, creando densas poblaciones flotantes, disminuyendo el flujo del agua junto a la presencia de oxígeno generando problemas ambientales así mismo la actividad humana (Corpoboyacá,2020).

En líneas generales, esta planta fue promovida como alimento para el ganado en algunos países, especialmente para cerdos. Sin embargo, debido a la popularización de formulados, fue reduciéndose gradualmente su utilización, volviéndose salvaje especialmente en ríos urbanos y aguas eutróficas, causando anoxia en los ríos; hasta el momento el control mecánico se considera la mejor solución a corto plazo, aunque también sea costoso, sin embargo, si se combina su uso como recurso lograra producir resultados económicos además de beneficios ecológicos (Su, Sun, Xia, Wen & Yao, 2018).

Dentro de este marco, el jacinto de agua en Colombia se ha convertido en un problema ambiental en distintos cuerpos de agua, un ejemplo de ello es la situación observada en la Ciénaga de Zapatosa, donde los terrenos cercanos se ven afectados por la eutrofización, asimismo viéndose degradado el sector de la pesca, por lo que se han hecho intervenciones para solucionar o amortiguar la problemática mediante algunos métodos como los mencionados por Islam et al., (2021), controles químicos, físicos o biológicos que tienen una duración corta,

entre los distintos recursos se puede emplear la técnica de compostaje como solución posterior a la remoción manual, por lo tanto, **¿Qué tan eficiente es la obtención de un abono de buena calidad a partir del compostaje de *Eichhornia crassipes* implementando *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*?** En tal sentido, según Bondoc, (2020), su utilización como recurso valioso genera beneficios en economía junto a la ecología, visto que este tipo de compostaje puede ser utilizado como fertilizante a escala industrializada debido a la alta tasa de reproducción de la especie asimismo a escala individual por personas que viven junto a vías fluviales.

3. JUSTIFICACIÓN

Es necesario resaltar que *Eichhornia crassipes*, al ser una maleza invasora de rápido crecimiento, genera cambios en la física y química del agua, interrumpiendo el ecosistema acuático, disminuyendo la capacidad del cuerpo de agua para recuperarse, aumentando rápidamente la pérdida de agua debido a la evapotranspiración en conjunto a la eutrofización del cuerpo de agua (Bernal y Gutiérrez, 2019). Al mismo tiempo, independientemente de sus aspectos negativos, cuenta con una variedad de usos beneficiosos descubiertos por medio de investigaciones que promueven su aprovechamiento en lugar de solo aplicar remoción, un ejemplo de ello es su uso en fitorremediación, su uso para la producción de etanol, alimento para cierto grupo de animales no rumiantes debido a sus altos contenidos nutricionales en vitaminas y minerales para la cría de aves así como la de nuestro interés el compostaje (Jardón & Ortiz, 2023).

En ese mismo contexto, según Parker, (1983), como citó Su, Sun, Xia, Wen y Yao, (2018), en su investigación, establecen que el empleo de esta especie de planta acuática en compostaje para aprovechamiento y fertilización de suelos, actúa promoviendo la mineralización de nutrientes aumentando el rendimiento de los cultivos; ahondando a la utilización de microorganismos como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*. Estos aspectos mencionados anteriormente son claves en lo que se fija esta investigación para plantear una solución de prospección, aprovechando las capacidades y características de la planta, que pueda ser aprovechada por la región en beneficio de la agricultura, asimismo llevándose a una reducción de la planta.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la eficiencia de *Bacillus subtilis* Y *Trichoderma harzianum* en el compostaje de *Eichhornia crassipes*.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Calcular el rendimiento de la degradación de los sustratos en las mini composteras con los microorganismos añadidos.

Determinar la calidad microbiológica por indicadores de mesófilos y coliformes y calidad física por densidad aparente del producto final.

5. HIPÓTESIS

Es posible que mediante la técnica in vitro de compost a base de *Eichhornia crassipes* se genere un fertilizante adecuado por la acción de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* como principales mediadores del proceso.

6. MARCO TEÓRICO

6.1. *Eichhornia crassipes*

Según Guevara & Ramirez (2015), la taruya es una macrófita que se reconoce por su alta capacidad de propagación, crece entre 5 a 15 días, además junto a sus efectos en todos los niveles tróficos dentro de los ecosistemas, convirtiéndose en un problema frecuentemente en cuerpos de aguas tropicales y subtropicales donde los niveles de nutrientes a menudo son altos debido al desagüe torrencial agrícola, la deforestación y el tratamiento insuficiente de aguas residuales; a su vez al añadir problemáticas, puesto que cubre significativamente la cantidad de luz para los organismos acuáticos. Aunado a esto, descomponiéndose genera un alto consumo de oxígeno, disminuyendo así la cantidad disponible para algas y otros que dependan del mismo, causando deficiencia para la alimentación de peces.

Existen alrededor de siete especies de jacintos de agua, está constituida por hojas de forma circular con pecíolos cubiertos maleable y flores estéticas de color lila a azul. Cuando está completamente desarrollada, comprende raíces largas y colgantes, rizomas, estolones, hojas, inflorescencias y frutos; cuentan con la presencia de sacos llenos de aire en las hojas y los tallos, lo que les permite flotar en la superficie del agua. Pueden tener un tamaño de 1 m de altura, puede contener de 6 a 10 flores similares a los lirios y cada flor mide entre 4 a 7 cm de diámetro (Ayanda, Ajayi & Asuwaju, 2020).

Se reproduce vegetativamente mediante estolones, puede hacerlo de dos formas mediante brotes y semillas; las condiciones óptimas para su desarrollo requieren un rango de tiempo de 11 a 18 días. Crece más rápido en aguas ricas en nutrientes, que contiene nitrógeno, potasio y fosfato (Nasmi, Suteja & Suchart, 2023).

Según Bakrim et al., 2022 esta es una planta monocotiledónea perteneciente a la familia Pontederiaceae, que se encuentra en regiones tropicales y subtropicales; originaria de Brasil y el Amazonas. Se caracteriza un alto crecimiento, así como una alta tolerancia a las variaciones de pH y nutrientes, así como de temperatura. Se considera como agente fitorremediador, agente potencial de bioenergía y biofertilizantes; tradicionalmente es usada para trastornos gastrointestinales como diarrea y flatulencias, la planta también es rica en compuestos bioactivos que demuestran propiedades farmacológicas.

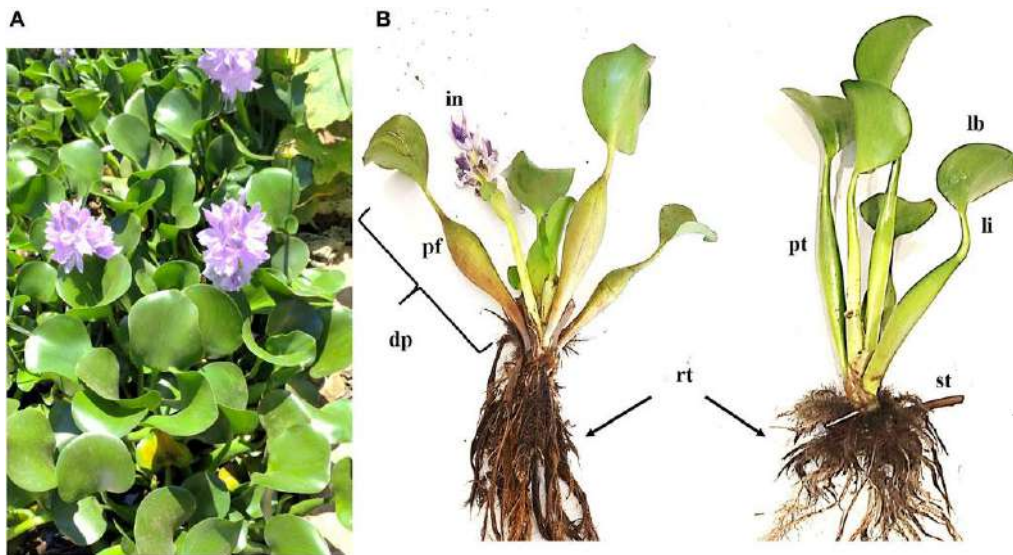


Figura 1. A) *Eicchornia crassipes*. B) Morfología de *E. crassipes*. rt: raíz; st: estolón; pt: pecíolo; lb: lámina de la hoja; li: istmo de la hoja; dp: planta hija; en: inflorescencia; pf: pedúnculo de la espiga floral.

Fuente: (Bakrim et al., 2022)

6.2. Eutrofización

La eutrofización es referida como una de las etapas finales del deterioro de fuentes hídricas, ríos, lagos, ciénagas, humedales, de ahí que un cuerpo de agua se considera eutrofizado cuando contiene unos niveles muy elevados de nutrientes con respecto a lo habitual en el ecosistema, este incremento de nutrientes puede producirse de manera natural causando un proceso gradual por el propio transporte de nutrientes en corrientes que dan lugar al envejecimiento de la misma masa de agua, sin embargo, el máximo culpable de esta forma de

contaminación del agua es el hombre a consecuencia de que constantemente se van segregando vertidos de origen agrícola, domésticos ricos en nitrógeno y fósforo, causando desequilibrio biológico, llevándose a superar el equilibrio del ecosistema oligotrófico, reduciendo la biodiversidad y poco a poco la pérdida de la fuente hídrica (Gallardo, 2020).

6.3. Solarización

Este es un método de desinfección amigable con el medio ambiente, para controlar los patógenos; se denomina plasticultura cuando es empleado en el suelo; el proceso consiste en atrapar la energía solar mediante el suelo húmedo cubierto con películas de polietileno transparente, se capturan las radiaciones solares durante 4 a 6 semanas; no emite residuos peligrosos, también es empleado en huertos y campos domésticos. Este método también se integra bien con otras técnicas, mejorando la efectividad general contra las plagas y el rendimiento de los cultivos (Gill, Aujla, De Bellis & Luvisi, 2017).

6.4. Compostaje

El compostaje, según Rivas, Gonzales, Belloso, Silva, (2017), es un proceso bio-oxidativo en el que intervienen una variedad de microorganismos, cuya dinámica poblacional está influenciada por el tipo de sustrato orgánico empleado que origina un abono orgánico pre humificado que resulta de la descomposición; incluso esta transformación ocurre en cualquier lugar mediante un compostador sin ningún tipo de mecanismo, motor o gasto de mantenimiento.

Incluso según Mazumder, Khwairakpam & kalamdhad, (2020), el compost se usa generalmente para acondicionar el suelo, cultivar plantas y remediar la contaminación, en esa misma línea es importante la prueba de germinación el cual es un método esencial para discernir la fitotoxicidad, este es considerado una tecnología eficaz además de rentable aunando capacidades de pesticida orgánico.

Además, según comenta Udume, Abu, Stanley, Vincent & Momoh, 2022, este proceso influye en eventos biológicos que aceleran la descomposición de moléculas complejas y heterogéneas que se encuentran en los residuos biológicos;

los biofertilizantes de compost se pueden utilizar en la gestión agrícola y ambiental ofreciendo nutrientes a los microorganismos autóctonos del suelo, mejorando su capacidad para eliminar contaminantes como los hidrocarburos, generando aumento de la población microbiana.

6.4.1. Temperatura en el compostaje

Se pueden evidenciar, las distintas fases en el compost (ver gráfica 1), las cuales corresponden a cuatro etapas, comenzando la mesófila con temperaturas de 45 °C, la termófila llegando a 60 °C por microorganismos termófilos; la tercera mesófila II donde desciende a 40 °C por el agotamiento de fuentes de carbono y nitrógeno, lo último es la maduración que puede durar meses ocurriendo a temperatura ambiente (Santos, Choquegonza, Coarita & Rebaza, 2022).



Gráfica1.Fases del compostaje.

Fuente: (Gallego, 2022)

6.5. MICROORGANISMOS EFICIENTES

Entre los microorganismos eficientes, algunas especies son aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas, siendo su principal característica la capacidad coexistir en comunidades microbianas; muestran grandes beneficios para el tratamiento de aguas negras; reducción de malos olores, producción de alimentos libres de agroquímicos, manejo de desechos sólidos y líquidos de parte del ámbito agropecuario, entre otros. Están compuestos por cinco grupos:

Bacterias acidolácticas, bacterias fotosintéticas, levaduras, actinomicetos y hongos filamentosos con capacidad fermentativa (Tanya & Leiva, 2019).

6.5.1. *Bacillus subtilis*

Es una bacteria del suelo Gram positiva aeróbica, tiene una membrana celular única que le facilita la secreción de proteínas, simplifica el procesamiento y reduce costos, esta especie es considerada segura para usarse. Es un probiótico multifuncional, con gran capacidad para evitar el crecimiento de microorganismos patógenos y mejorar la asimilación de nutrientes (Su et al, 2020).

Según Duan, et al., (2019), Este es muy eficaz para degradar la celulosa y puede existir en forma de esporas, que son resistentes a altas temperaturas, oxidación, extrusión, ácidos y álcalis; después de que este se añade al compost se transforma rápidamente en la bacteria dominante el periodo de alta temperatura y acelerar el proceso de maduración del compost, las proteínas antimicrobianas que produce tienen fuertes efectos inhibitorios sobre bacterias patógenas como *E.coli* y *Staphylococcus aureus*.

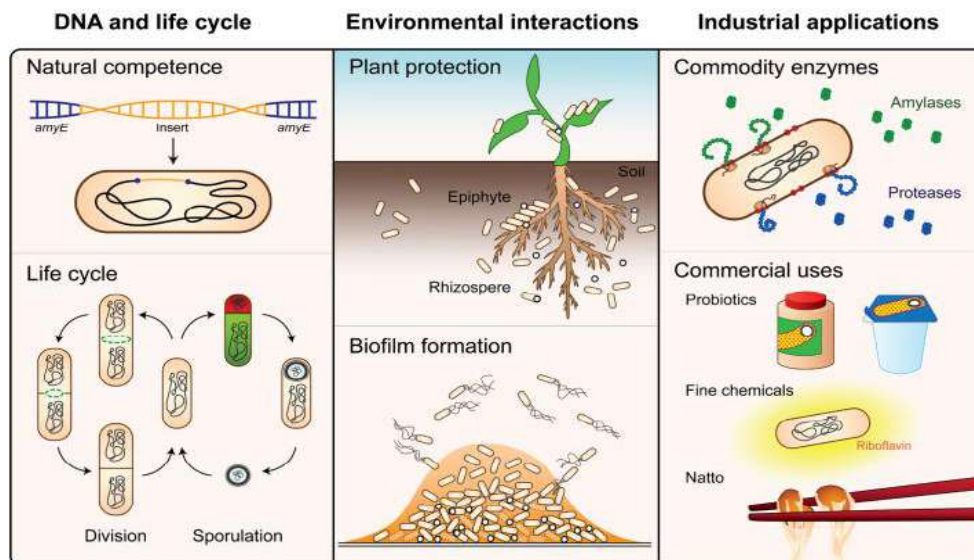


Figura 2. Ciclo de vida, importancia ambiental, aplicaciones industriales de *B.subtilis*.

Fuente: (Errington & Aart, 2020).

Bacillus subtilis, pertenece al dominio: Bacteria, filo: Firmicutes, clase: Bacilo, orden: Bacillales, familia: Bacillaceae; género: Bacillus, Especie subtilis. Tiene forma de bastón, mide entre 2 a 6 μm de largo y poco menos de 1 μm de diámetro, su crecimiento óptimo ocurre a una temperatura de 30 a 35 °, se duplica en solo 20 minutos. En condiciones de inanición, las células pueden sufrir un proceso de diferenciación celular de complejo dos, dando lugar a la formación de una endóspora que se libera por lisis de la célula madre envolvente. Las células vegetativas pueden ser móviles; alternativamente pueden formar biopelículas y cuerpos fructíferos que contienen esporas (Errington & Aart, 2020).

6.5.2. *Trichoderma harzianum*

Es un género de hongos filamentosos del suelo ampliamente utilizado como fuente de agentes de biocontrol en agricultura, dado que posee mecanismos antagonistas efectivos como el mico parasitismo, antibiosis o competencia contra patógenos vegetales y parasitismos son capaces de inducir las defensas de las plantas estableciendo un diálogo molecular con las raíces (Poveda, et al., 2019).

Según Conrado et al., (2019), *Trichoderma* pertenece a la clase Sordariomycetes, del filo Ascomycota, algunas especies tienen fase sexual, caracterizándose por la formación de cuerpos fructíferos del tipo peritecio, presentándose en colores verde, amarillo, crema o marrón. En los peritecios se forman ascas cilíndricas que contienen ocho ascosporas bicelulares que se fragmentan en 16 de color verde o hialino. En la fase asexual, a partir del micelio vegetativo, se forman conidioforos con eje central y ramas laterales, que terminan en espirales divergentes.

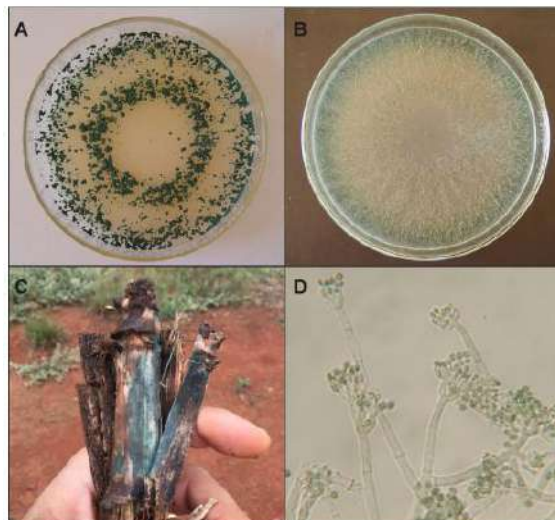


Figura 3. Morfología típica de *Trichoderma sp* A, B *Trichoderma sp* en medio, C *Trichoderma sp* en sustrato natural, D conidióforo con filides peniciladas y conidios de *T. virens*.

Fuente: (Conrado, Mazaro & Da Silva, 2019).

7. ANTECEDENTES

Existen pocos estudios sobre la aplicación directa del lirio acuático y sus productos derivados en la eliminación de tintes, aguas residuales, así como de su empleo en compostaje, conforme a ello puede usarse para varios propósitos, la producción de etanol, abono verde (compost), biogás en la alimentación animal y la extracción de ácidos grasos volátiles (Rodríguez et al., 2022).

Los datos expuestos por Kleinschroth et al., (2021) muestran su consideración de que el problema de invasión de esta planta es global y que empeorara con el tiempo junto a la urbanización, debido a que se evidencia el crecimiento de estas, coinciden en zonas de vivienda y trabajo; donde la carga de nutrientes es alta. El estudio realizado a partir de drones, descubrieron que los jacintos de agua coexisten en asociación con otras especies de plantas acuáticas. Además, los programas de control son costosos, también probablemente ineficaces a largo plazo, a menos que se gestionen los niveles de nutrientes en las aguas; consideran que la planta misma puede ser parte de la solución, generando ingresos como al ser utilizado para producir bioetanol y biogás.

Aunado a esto, en un estudio efectuado por Reyes, et al., (2018), Comentan que los abonos orgánicos aportan una fertilización adecuada a los cultivos preservando los suelos. El objetivo fue evaluar el efecto de los abonos orgánicos, humus de lombriz, compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y la combinación 50% humus de lombriz más 50 % jacinto de agua con respecto a un testigo con fertilización mineral convencional en el rendimiento además de sus componentes en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L). Se evaluó el número de frutos de cosecha, largo, diámetro y biomasa de los frutos en cuatro cosechas; los resultados mostraron que las plantas a las que se les aplicó humus de lombriz más jacinto de agua mostraron mejor respuesta productiva respecto a los demás tratamientos.

En esa misma línea otro estudio con la finalidad de conocer la producción del cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L*) con abonos orgánicos en diferentes dosis Esmeraldas, Rodríguez, Buñay & Murillo, (2021), realizaron tres investigaciones en donde se deseaba conocer los indicadores de crecimiento y desarrollo de las plantas de pimiento, evaluando el mejor abono y dosis de abonos orgánicos, establecieron un diseño de bloques completos al azar con diferentes tratamientos y repeticiones; evaluando la altura de la planta, diámetro del tallo, número de flores , número de frutos y peso de fruto en gramos en cada experimento detallan los resultados alcanzados demostrando el impacto positivo de los tratamientos así como demostrar que el que contenía jacinto de agua evidencio mejores resultados en las variables de interés.

De manera semejante, Obondo et al., (2021), considerando que la disminución del contenido de materia orgánica y la fertilidad de los suelos contribuyen a pérdidas en la producción agrícola. Determinaron los efectos de la aplicación de compost de jacinto de agua en propiedades seleccionadas del suelo como el crecimiento y rendimiento del maíz durante un experimento de campo realizado en un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos de fertilizantes uno de vermicompost, compost termofílico, compost de microorganismos efectivos, control positivo (fertilizante químico) y control negativo (sin fertilizante) replicado tres veces; entre los resultados consideraron que el vermicompost podría ser un sustrato prometedor para modificar suelos ácidos mejorando la productividad de los cultivos concluyendo que el abono de jacinto de agua disponible localmente es una enmienda orgánica del suelo para la restauración del suelo y producción de cultivos como es el caso del maíz considerando que puede funcionar bien para recuperar suelos infértiles y ácidos.

En cuanto a las características que hacen que las investigaciones mencionadas y en este proyecto haya interés en microorganismos como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* es debido a características particulares de estos, como en el caso de *B. subtilis* que según De la mora, Vázquez y Valero, (2016) tiene una forma de participar en el crecimiento vegetal produciendo compuestos

fitoestimulantes, por su actividad enzimática nitrogenasa para fijar el nitrógeno atmosférico al suelo junto a la producción de lipopéptidos que actúan como biosurfactantes permitiendo la solubilización de minerales como el fósforo dejándolo accesible para ser absorbido por la planta a lado de estos beneficios se suma la capacidad para la síntesis de compuestos con actividad inhibidora de fitopatógenos.

De igual manera, en un estudio llevado a cabo por Asghar & Kataoka, (2021) para evaluar la aplicación de *Trichoderma spp* con abonos orgánicos en la mejora del crecimiento de plantas, demostraron que tiene la capacidad de cambiar el pH del suelo, así mismo la utilización y reciclaje de nutrientes orgánicos e inorgánicos disponibles para las plantas, llegándose a considerar como biofertilizante para minimizar el uso de fertilizantes químicos por si fuera poco, funciona como agente de biocontrol para enfermedades transmitidas por el suelo, posiblemente por la producción de auxinas como metabolitos primarios y secundarios como el ácido indol -3 acético, por lo tanto, los microorganismos como su actividad pueden tener efectos profundos en la absorción de nutrientes aunque claro comentan que se le ha prestado poca atención a sus efectos.

En general, algunas investigaciones comentan sobre la aplicación de microorganismos en la producción de abonos orgánicos que se transformarán en insumos alternativos para la mejora del crecimiento de plantas comerciales, así ahora bien, los pastos o forrajes hacen parte de las fuentes de alimento para ganado bovino de las que son necesarias grandes cantidades de biomasa, para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales convirtiéndose en una necesidad de primer orden en el sector ganadero (González et al., 2020).

El compostaje es descrito como una tecnología capaz de convertir una mezcla de biomasa orgánica en un subproducto para enmienda del suelo, *Eichhornia crassipes* puede ser ampliamente usada como sustrato para generar compost con alto valor agregado, reciclando nutrientes. Se ha usado por todo el mundo realizando compostaje a escala semi industrial, como es el caso de un grupo de investigadores de Estados Unidos y México, para producir 50.5 m³ de compost e

ingresos de alrededor de 1980 dólares; en Benin se recolectaron más de 3200 toneladas de compost, se llevaron a cabo experimentos en India, Sudan, Zimbabwe, Malawi, Etiopia y Filipinas, indicándose que este proceso a gran escala es el tratamiento más utilizado para el tratamiento de la taruya (Ezzariai et al., 2021)

Cabe señalar que en México tienen entre sus cultivos ornamentales principales la Gladiola en su cultivo utilizan fertilizantes químicos excesivamente, así que en este estudio se considera el uso de biofertilizantes y abonos orgánicos para estas plantas además de analizar los efectos de *Bacillus subtilis*; la aplicación del abono obtenido produjo mejoras en el diámetro del tallo y el número de flores; entre sus tratamientos el mejor fue el que contó con *B. subtilis*, el cual supero el control con incrementos en diámetro, peso y peso de cormillos, que son parámetros altamente valorados por los productores; se expresa el uso de este microorganismo más el abono orgánico como alternativa de manejo sostenible de esta especie, favoreciendo la disminución del uso de fertilizantes químicos junto a los daños para la salud humana y el ambiente (Cruz et al., 2021).

En el estudio realizado por Venegas et al., 2019, evaluaron el efecto de microorganismos benéficos conjuntamente con sustratos orgánicos sobre la nutrición de la acelga. Utilizando *Bacillus subtilis* y *Trichoderma Harzianum* y su combinación con el sustrato orgánico, se evaluaron para promover el crecimiento de esta hortaliza. Se observó la producción de biomasa fresca, seca y elementos esenciales. El hongo *T. harzianum*, tuvo una influencia positiva en la producción y absorción de nutrientes, sin embargo, *B. subtilis* tuvo influencia tanto en materia fresca como seca y la absorción de elementos esenciales para el desarrollo de la acelga frente al testigo y el hongo.

Se estudió la acción de biofertilizantes en cultivos de arroz con *Trichoderma harzianum*, llevaron a cabo 4 tratamientos más un control y cuatro repeticiones con un total de 20 unidades, que se conforman de parcelas constituidas por dimensiones de 6 m de ancho y 5 m de longitud, la fertilización del hongo se realizó en intervalos de 21 días hasta el final de la cosecha; manejando

concentraciones de 150 gr/ha^{-1} , 300 gr/ha^{-1} , 450 gr/ha^{-1} , 600 gr/ha^{-1} y Control. Entre los resultados mejoro el rendimiento en altura, número de macollos y productividad. Los valores que obtuvieron en la prueba de Tukey para las diferentes concentraciones de *T. harzianum* no hubo diferencias significativas entre tratamientos, pero la comparación entre concentraciones, la presencia del microorganismo comparado con el método tradicional sí presento diferencias significativas (Sánchez & Bacusoy, 2023).

8. BASES LEGALES

Resolución No. 00375 (27 de febrero de 2004).

Por la cual se dictan las disposiciones sobre registro y control de los Bioinsumos y extractos vegetales de uso agrícola en Colombia.

Mediante esta se lleva un sistema de registro y control de Bioinsumos o extractos vegetales de utilización agrícola, adoptado con base en normas y regulaciones internacionales, contribuyendo a fortalecer mejorando las condiciones de producción, importación, exportación, comercialización y utilización, elevando los niveles de calidad, eficacia y seguridad alimentaria en beneficio de la salud humana, la sanidad agropecuaria junto al ambiente.

NTC 5167 Productos para la industria agrícola.

Productos orgánicos usados como abono o fertilizantes y enmiendas del suelo. Esta norma establece los requisitos que deben cumplir los ensayos a los cuales se deben someter los productos orgánicos utilizados como abono o fertilizantes y como enmiendas del suelo. En general, esta normativa indica que los productos deben presentarse en forma sólida como granulados, polvos, agregados o líquidos como concentrados solubles, suspensiones o dispersiones. Todo producto cuyo origen sea materia orgánica fresca debe someterse a transformación como compostaje o fermentación; también pide declarar el origen de las materias primas y los procesos de transformación empleados. Entre los parámetros que son expuestos además de utilizados son los nombrados en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. NIVELES MÁXIMOS DE PATÓGENOS

Salmonella sp	Ausente en 25 g de producto final
Enterobacterias totales	Menos de 1000 UFC/g de producto final
Fitopatógenos	Género: <i>Fusarium spp</i> , <i>Botrytis sp</i> , <i>Rhizoctonia sp</i> y nemátodos fitoptogenos, <i>Pseudomonas solanacerum</i> Cepa II y <i>Micosphaerella fijiensis</i>
Carga microbiana	Si hay presencia de microorganismos benéficos, realizar recuento de mesófilos aerobios, mohos y levaduras

TABLA 2. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

DENSIDAD	Se expresa en g/cm ³
TEMPERATURA	No comenta rangos de temperatura

Nota. la NTC 5167, cuenta con más parámetros fisicoquímicos, pero los que se midieron en este ensayo fueron los nombrados.

9. METODOLOGÍA

9.1. TIPO DE ESTUDIO Y LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Se realizó un estudio experimental de corte transversal en la línea de investigación bioprospección del programa de microbiología.

9.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Planta acuática llamada *Eichhornia crassipes* o jacinto de agua fue tomada de un lago conectado a la Ciénaga de Zapatosa en el municipio de Chiriguaná Cesar, un total de 40 kg peso húmedo.

9.3. MUESTREO Y PROCEDIMIENTO

9.3.1. Pretratamiento de *Eichhornia crassipes*.

Se efectuaron dos etapas similares a las expuestas por Lara, et al. (2018), modificada, para comenzar se recolectó un total de 20 – 40 kg de taruya primero se efectuó una etapa de pretratamiento a *Eichhornia crassipes* que es la materia prima, sometiéndose ha secado y reducción de tamaño al sol, donde se pesó diariamente para observar la reducción de humedad.

Tabla 3. Secado de *Eichhornia crassipes*

1

Pesos en kg de *Eichhornia crassipes* recolectada de la Ciénaga de Zapatosa.

X (número de días)

Peso por día de exposición al sol en una balanza aproximadamente durante 5 días.

Nota. Esta tabla muestra el secado al sol de la muestra (*Eichhornia crassipes*),

9.3.2. Elaboración de pilas.

Luego se ejecutó la elaboración de las pilas primarias de compost conformadas por una mezcla similar a la descrita por Rivas y Silva, (2020), adaptada al procedimiento que se planteó, adicionando *Eichhornia crassipes* (28.35 g), residuos vegetales de hogar (56.69 g), viruta (28.35 g) y melaza (28.3 g) para cada compostera; posteriormente se adiciona respectivamente a las cuatro mini composteras; las cuales fueron 1) sin microorganismos adicionados, 2) *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis*, 3) *Trichoderma harzianum* y 4) *Bacillus subtilis* con tres repeticiones, donde se observan sus reacciones en la descomposición de la materia orgánica.

9.3.3. Dilución de los microorganismos y Calidad del compost.

En lo que respecta a los microorganismos, se emplearon diluciones concentradas en 90 ml de solución salina, de la cual se utilizaron 10 ml de la solución de cada mini compostera. Como menciona Osorio, Castellanos, Romero y Miranda, (2017), se observará por 15 días la reacción de los microorganismos inoculados respecto a su acción en la degradación; se llevarán a cabo análisis organolépticos, físicos y microbiológicos, los resultados cuantitativos serán colocados en una ANOVA (análisis de la varianza). La segunda parte se llevará a cabo para determinar la calidad del compost obtenido al evaluar densidad, presencia de mesófilos y coliformes.

Tabla 4. Análisis Microbiológicos, Físicos y Organolépticos

Tratamientos	Características	Análisis		
		Organolépticos	Físicos	Microbiológicos
Mini composteras				
1	Sin microorganismos	Calidad del compost	Densidad en todos los	Presencia de

2	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	elaborado; color, olor y textura en todos los tratamientos.	tratamientos.	microorganismos mesófilos y coliformes en todos los tratamientos
3	<i>Trichoderma harzianum</i>			
4	<i>Bacillus subtilis</i>			

9.3.3.1. Coliformes

Para los coliformes, según el procedimiento realizado por Wener, et al. (2023), modificado, se tomaron 10 gr de abono en 90 ml de solución salina estéril; realizando diluciones de 10^{-0} , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} usando la última dilución y se siembra por estría en agar MacConkey con tres réplicas, incubando a 37 °C por 24 horas.

9.3.3.2. Mesófilos

En lo que respecta a los mesófilos, basándose en la metodología expuesta por Aguirre, Piraneque y Cabarcas, (2022) modificada, se realizaron diluciones de 10^{-0} , 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , tomándose 10 g del abono adicionando en 90 ml de solución salina estéril; inoculando 1000 μ l directamente la muestra en agar Plate count con tres réplicas para 10^{-3} , incubando a 35 °C por 24 horas para realizando el conteo de colonias.

9.3.3.3. Densidad en peso seco y peso húmedo

Después, según Guzmán, Muñoz, Alvarado, Quiñonez y Castrejón, (2023) en tubos de eppendorf de 14 ml se agregó el tamizaje de cada tratamiento, miden peso seco y peso húmedo, luego de llevarlo a 10 ml con agua destilada para obtener la densidad pesándose en una balanza.

9.3.4. Técnicas de obtención de datos

Para conocer el comportamiento del objeto de estudio de forma directa, se registró las observaciones en notas de campo o en plataformas online, si bien es una de las técnicas más utilizadas, su superficialidad puede dejar de lado algunos datos importantes para obtener el panorama completo del estudio; este método se caracteriza por no ser intrusivo requiriendo de evaluar el comportamiento del objeto por un tiempo continuo (Sordo, 2021).

9.3.5. Técnicas físicas

Densidad: Mediante lo descrito por Guzmán, Muñoz, Alvarado, Quiñonez & Catrejón, (2023) se determinó la densidad del compost, al tomar un tamizado de cada mini compostera.

9.3.6. Técnicas microbiológicas

Determinación de coliformes: Siguiendo a Aguirre, Alcaraz, Uribe, Rodríguez & Molina, (2022) se observó la presencia o ausencia de coliformes en el compost.

Determinación de mesófilos. Siguiendo a Tortosa, (2014) se calculó la cantidad de estos en el compost.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Reacción de descomposición de la materia orgánica

En las observaciones diarias de las mini composteras se obtuvo disminuciones del material orgánico, aunque se encontró material sin degradar completamente como es el caso de la viruta, al mismo tiempo se generó cambio de color y olor. A pesar de que la viruta en comparación con la taruya fueron sometidos con cortes de tamaño similar, *Eicchornia crassipes* fue degradada en gran parte, pero a pesar de no serlo, esta cumple con un papel importante; puesto que en el compostaje en lo expuesto por Ramírez et al, (2016) cuando una pila de compost contiene residuos con alto contenido de humedad es esencial agregar un agente estructurante, es decir la viruta mejorando así la degradación (ver figura 4).



Figura.4. Mini Composteras iniciando con la degradación y sus cambios físicos. Imagen izquierda antes de comenzar la degradación, imagen derecha compost degradado después de 15 Días.

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)

En tal sentido, se puede observar que el material que se utiliza para la degradación de residuos orgánicos, se relaciona con el producto final, por ello para referirse a la calidad del compost se cuenta con distintos métodos, entre los cuales están las características físicas y actividad microbiana. El peso inicial fue el mismo para todas las mini composteras, ya que a todas se les agregó la misma cantidad, lo cual se puede observar en la tabla 5, en comparación con el peso final

de las mini composteras que se muestra en la ANOVA de la tabla 6; la media de los valores muestran reducción de la masa inicial, incluyendo los controles, no obstante, la disminución de peso de cada tratamiento fue evidente dado que el cada uno bajo aproximadamente la mitad del peso original, mostrando cambios significativos correspondientes al volumen de los materiales, principalmente la taruya, la cual se transformo completamente en un polvo fino en el periodo de tiempo del proceso; en comparación con el estudio llevado a cabo por Nichorzon & Acuña, 2020, teniendo en cuenta que compostaron por 60 días y su material a degradar fue distinto al utilizado en este estudio, sus resultados sobre disminución de peso obtuvieron valores de 74 a 66 % de reducción en peso; atribuyendo este suceso a la pérdida de humedad y transformación de la materia por microorganismos; suceso similar ocurrido en este ensayo, ya que ambos microorganismos manejaron la humedad inicial del proceso de formas eficientes manteniendo hasta el final la calidad del producto final.

Tabla 5. Peso inicial de las mini composteras

		N	Media	Desv. Desviacion
Peso inicial tratamientos	<i>Trichoderma harzianum</i>	3	171,24	0
	<i>Bacillus subtilis</i>	3	171,24	0
	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	3	171,24	0
	Control	2	171,24	0
	Total	11	171,24	0

Tabla 6. Peso final de las mini composteras

	Minicomposteras	N	Subconjunto para alfa =0,05 1
HSD Tukey ^{a,b}	<i>Trichoderma harzianum</i>	3	51,667
	<i>Bacillus subtilis</i>	3	66,667
	<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Bacillus subtilis</i>	3	66,667
	Control	2	71
	Sig.		0,756

*Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos

La reducción de peso del tratamiento con *Trichoderma harzianum*, fue mayor al de *Bacillus subtilis*, sin embargo, ambos microorganismos demostraron sus capacidades para degradar a *Eichhornia crassipes* manteniendo la inocuidad del material degradado, ya que durante el proceso no hubo señales de mal olor en las minicomposteras; así como es comentado por Organo et al., 2022 donde evaluaron el potencial de un activador de compost utilizando *Trichoderma harzianum* para degradar paja de arroz y sus resultados indicaron un aumento de descomposición en comparación con la paja sin inocular en muestras de suelo estéril. Al final de la incubación que realizaron por 6 semanas, se presentó gran cantidad de hongos, gran cantidad de nitrógeno, el menor contenido de carbono, que son las condiciones para una descomposición efectiva.

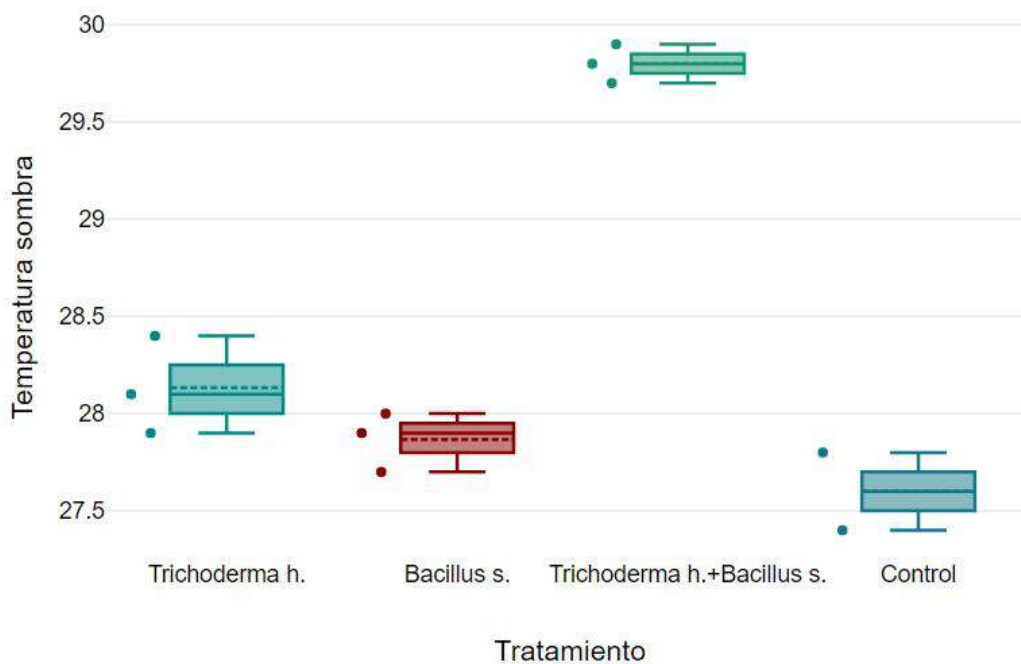
Por otra parte, Hashem, Tabassum & Fathi, 2019 describen que *B. subtilis* también posee capacidades atractivas para al suelo como parte de la degradación, puesto que puede generar valores adicionales al abono a obtener; ya que este al estar presente puede mejorar la tolerancia al estrés de las plantas, induciendo la expresión de genes de respuesta al estrés, fitohormonas y metabolitos relacionados, además de su potencial de biocontrol.

10.2. Características Físicas

10.2.1. Temperatura

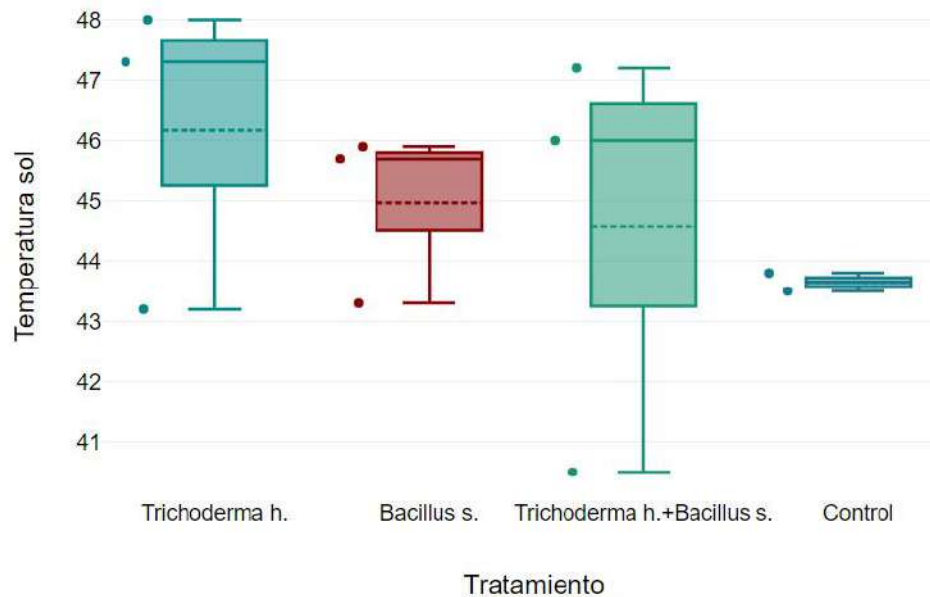
Los tratamientos de *T. harzianum* alcanzaron temperaturas mayores en comparación a los tratamientos de *B. subtilis* tanto en sombra como en exposición al sol (ver gráfica 2 y 3), las temperaturas fueron más elevadas para *T. harzianum*, situación similar a la ocurrida en el proceso de compostaje descrito por Peña & Pedraza, 2021, donde comentan que la elevación de la temperatura es influenciada a la oxidación de carbono CO₂ producto de la activación microbiana, mostrando que su tratamiento con este hongo proporcione un compostaje más homogéneo, manteniendo el medio más inocuo.

Gráfica 2. Media de temperaturas en sombra de todos los tratamientos.



Fuente: (Ariza y Hoyos,2023)

Gráfica 3. Media de temperaturas expuestas al sol de todos los tratamientos.



Fuente: (Ariza y Hoyos, 2023).

10.2.2. Densidad

Entre tanto, al medir la densidad de cada tratamiento, tanto en peso seco como peso húmedo proporciona valores de la misma similares, siendo el control el de mayor densidad ; en efecto, los que contienen los microorganismos obtuvieron valores menores debido a esto se puede decir que el compost contará con la ventaja de ser liviano para su transporte. Siendo probable que esté afectada por la distribución del tamaño de las partículas, el grado de descomposición, añadiendo al contenido de humedad de los desechos de hogar y la humedad propia de la taruya (Pierini, Ratto, Avedissian, Zubillaga & Arancio, 2010), (ver tabla 7 y 8).

Tabla 7. Densidad peso seco.

		Subconjunto para alfa= 0,05	
HSD Tukey ^a	Tratamiento	1	Sig.
	<i>Trichoderma harzianum</i>	0,9	A
	<i>Trichoderma harzianum + Bacillus subtilis</i>	0,93	AB
	Control	1	B
	<i>Bacillus subtilis</i>	1,1	C
	Sig.	0,525	0,85

*Valores de una columna seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según Tukey 0,05

Tabla 8. Densidad peso húmedo.

		Subconjunto para alfa= 0,05	
HSD Tukey ^a	Tratamiento	1	Sig.
	<i>Trichoderma harzianum</i>	0,9	A
	<i>Trichoderma harzianum + Bacillus subtilis</i>	0,933	AB
	Control	1	B
	<i>Bacillus subtilis</i>	1,1	C
	Sig.	0,525	0,195

*Valores de una columna seguidos de la misma letra no presentan diferencias significativas según Tukey 0,05

10.3. Características microbiológicas.

Coliformes: No se observó crecimiento en ninguna de las réplicas realizadas para cada tratamiento en agar MacConkey, reportándose la ausencia de coliformes en el compost final; esto es positivo para el producto final, puesto que según las investigaciones realizadas por Corlay & Hernandez, 2011; Castro, Wittmann, Davidovich & Wong, 2023 el análisis microbiológico determina la calidad sanitaria, demostrando que los coliformes son el principal indicador de calidad siendo su cantidad criterio de calidad de los abonos orgánicos, lo cual indica mejores resultados en cuanto a la siembra con el uso del mismo.

Mesófilos: Se evidenció crecimiento de colonias blancas pasadas las 24 horas con densidades de $3,7 \times 10^5$ UFC/ml; 10×10^4 UFC/ml; 9×10^4 UFC/ml y $9,45 \times 10^5$ UFC/ml, puede ser, ya que durante el compostaje la temperatura pasa a ser la adecuada para estos microorganismos; manejando valores que van hasta los 45°C , predominando organismos como bacterias y hongos, estos se pueden encontrar hasta el proceso de maduración es decir cuando se forman las sustancias húmicas a temperatura ambiente. También se debe tomar en cuenta que cuando el oxígeno está presente, las levaduras crecen eficientemente como se observó en cada placa de agar PCA (De Fonseca & Villamizar, 2012; Villalba, Paolini y Rocha, 2020).

Para estos parámetros nos basamos en la NTC 5167, donde se exigen niveles máximos de microorganismos patógenos como *Salmonella sp*, la cual debe estar ausente, las Enterobacterias totales, deben ser menos de 1000 UFC/g de producto final; de los cuales podemos considerar ausentes, ya que no hubo presencia de coliformes ni mesofilos en las muestras. Además, piden que estén ausentes fitopatogenos como *Fusarium spp*, *Botrytis sp*, *Rizoctonia sp*, *Phytophthora sp* y nematodos fitopatogenos, de los cuales no se realizaron pruebas para identificar su ausencia, sin embargo, estos microorganismos poseen habilidades de protección hacia patógenos, no permitiendo su presencia por lo que se puede considerar realizar pruebas para este compost en próximos estudios. También

esta normativa pide el recuento de microorganismos mesófilos aerobios, mohos y levaduras, el cual fue efectuado obteniendo los valores ya mencionados.

Cabe agregar que un dato importante evidenciado en algunos tratamientos para el compost a base de *Eicchornia crassipes*; estudios como el ejecutado por pottipati & Kalamdhad, 2023, aparte de hacer una mezcla con esta maleza y otras materias, se somete a la presencia de lombrices como *Eisenia fetida* en acción con un tambor rotatorio, demostrando que puede completar el proceso de degradación llevado a cabo por los microorganismos; es decir que podría verse potenciado el proceso en general con la acción biológica de estos seres. Ya que en los resultados de su estudio demostraron un incremento eficiente del SGI al 98 % además su técnica les produjo consistentemente un suelo rico en nutrientes, tanto que su producto final era estable y maduro, con gran actividad microbiana.

De lo anterior, al ser comparado con los resultados de nuestro compost, el cual tuvo buenos parámetros de calidad microbiológicos, físicos y de observación; entre estos hubo poca degradación de la viruta, lo cual sería inconveniente para poder ofrecerse como abono final que tenga buen aspecto; es por ello que planteamos la diferencia del producto final solo con microorganismos a diferencia de uno con más degradación; similar al sucedido en el estudio de Patra, et al., (2022) donde entre la comparación de abonos, el vermicompost proporcionó mejores nutrientes junto a las propiedades microbianas; en las cuales nos estamos enfocando, ya que esto le agregaría valor a las grandes capacidades de *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum* en la degradación de *E. crassipes*.

11. CONCLUSIÓN

Durante el desarrollo de la investigación se observó la eficiencia de los microorganismos usados *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* en la degradación de los materiales de composta, demostrando eficiencias similares con resultados positivos, sin embargo, entre los dos el más eficiente fue *Trichoderma harzianum*, puesto que en los análisis de ANOVA, que corresponden a los pesos del compost dentro de las mini composteras se muestra la reducción de masa inicial de cada tratamiento, evidenciando más reducción de la misma por *Trichoderma harzianum*.

Consecuentemente, la temperatura, presentó valores en exposición directa al sol que permitieron el proceso efectivo del compostaje alcanzando los 40 - 46 °C, por lo tanto, se presentaron las cuatro fases mencionadas del proceso donde se lleva a cabo la degradación adecuada de la taruya, desechos de hogar; excepto la viruta de manera que a los microorganismos utilizados se les dificulta este material aun cuando esta permite que el proceso ocurra mejor proporcionando abono de mejor calidad según comentan en algunas bibliografías.

Por consiguiente, la densidad entre cada tratamiento probó que el abono es liviano y que ambos microorganismos son buenos reductores de masa, este factor se ve influenciado por la humedad, ya que puede ser un factor limitante al influir en la actividad microbiana, como sucedió en el periodo que el compost no fue humedecido y dejó de degradar el material por consiguiente es probable que si se deja por más tiempo el compost, los microorganismos podrían reducir la viruta.

12. RECOMENDACIONES

- Para el compostaje es mejor manejarlo con altas temperaturas, para permitir el desarrollo adecuado de las fases de degradación.
- Es recomendable esterilizar el material que se usará para el abono, pues se obtendrá en estado estéril, el método que se puede usar es el de solarización, sometiendo los residuos a altas temperaturas durante un periodo que proporcione material seco y fácil de triturar o cortar.
- Considerar adicionar mejoras al proceso de compostaje, como el emplear sistemas de tambores rotatorios y lombrices.
- Normalmente, la producción de compost orgánico no suele ser muy costoso, aunque en este caso el transporte de *Eichhornia crassipes* es causante de gastos, pero para evitarlo se puede realizar la producción en un sitio cercado a las plantas.
- Se pueden efectuar pruebas de germinación con este compost para otro proyecto que se efectúe sobre la temática y observar el beneficio que proporciona cada tratamiento a la planta.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asghar, W & Kataoka, R. (2021). Effect of co-aplication of *Trichoderma spp.* Whit organics compost on plant growth enhancement, soil enzymes and fungal community in soil. *Springer*. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02413-4>
- Aguirre, A., Alcaraz, G., Uribe, D., Rodríguez, M & Molina, A. L. M. (2022). Determinación de coliformes totales, fecales y E. coli O157: H7 en lechuga iceberg (*Lactuca sativa* L.) comercializada en la Zona Metropolitana de Guadalajara. *Acta de Ciencia en Salud*, (19). Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/60088>
- Aguirre, S., Piraneque, N y Cabarcas, D.(2022). Compost de cáscara de naranja: una alternativa de aprovechamiento y ciclaje de materia orgánica en la Región Caribe de Colombia. *Entramado*, 18(1), e8063. Doi: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.8063>
- Arqueros, E., Morales, R., Roco, R & Gonzáles, A. (2023). Utilización de lodos residuales en el compostaje de orujos y escobajo en la industria vitivinícola. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 56, p. 01031). EDP Sciences. Doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20235601031>
- Ayanda, O., Ajayi, T & Asuwaju, F. (2020). *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms: Uses, Challenges, Threats, and Prospects. *TheScientificWorldJournal*, 2020, 3452172. Doi: <https://doi.org/10.1155/2020/3452172>
- Bakrim, B., Ezzariai, A., Karouach, F., Sobeh, M., Kibret, M., Hafidi, M., Kouisni, L & Yasri, A. (2022). *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms: A Comprehensive Review of Its Chemical Composition, Traditional Use, and Value-Added Products. *Frontiers in pharmacology*, 13, 842511. Doi: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.842511>
- Bernal, A y Gutiérrez, C. (2019).Formulación de un plan de manejo integrado para control y minimización del buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) presente

en la charca de Guarinocito-La dorada, Caldas -Colombia. [Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Ambiental, Universidad El Bosque. Repositorio institucional de la Universidad El Bosque Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12495/2784>.

Bondoc, C. (2020). Nutrient Restoration Capacity of Eichhornia crassipes Compost on a Nutrient-depleted Soil. *International Journal of Environmental Science*, 5,1-5. Recuperado de: <https://www.iasas.org/iasas/home/caijes/nutrient-restoration-capacity-of-eichhornia-crassipes-compost-on-a-nutrient-depleted-soil>

Castro, F., Wittmann-Vega, V., Davidovich, G., & Wong-González, E. (2023). Microbiología de zanahoria, tomate y repollo de agricultura orgánica y convencional en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 52743-52743. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v34n2/1659-1321-am-34-02-00005.pdf>

Corpoboyacá. (septiembre 4 del 2020). ABC de la especie invasora Buchón de agua (Eichhornia crassipes). Recuperado de: <https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/abc-de-la-especie-invasora-buchon-de-agua-eichhornia-crassipes/>

Corlay, L & Hernández, A. (2011). 12790-Calidad microbiológica de abonos orgánicos. *Cadernos de Agroecología*, 6(2). Recuperado de: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/12790>

Conrado, M; Mazaro, S & Da Silva, J.(2019). *Trichoderma uso na agricultura*. Brasília: Embrapa Soja. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Bezerra-2/publication/339031401_Uso_do_Trichoderma_na_cultura_do_arroz/links/5e39b52c458515072d800b99/Uso-do-Trichoderma-na-cultura-do-arroz.pdf#page=163

Cruz, E., Cruz, A., Serrato, R & Rubí, M. (2021). Respuesta de la gladiola a la aplicación de biofertilizantes y abono orgánico. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 37, 345-355. Recuperado de: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.53719>

De la Mora, A., Vázquez, F y Valero, J. (2016). Sucesión bacteriana del género *Bacillus* en el proceso de compostaje y lombricompostaje con diferentes fuentes de estiércol. *Tecnociencia Chihuahua*. 10(1): 23-31. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/309479823_Sucesion_bacteriana_del_genero_Bacillus_en_el_proceso_de_compostaje_y_lombricompostaje_con_diferentes_fuentes_de_estiercol

De Fonseca A & Villamizar, C. (2012). Los microorganismos en los abonos orgánicos a partir de podas en la Universidad del Norte, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28, 67-75. Recuperado de: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/34903>

Dos Santos, C., Paz, J., Da Costa Figueiredo, A., Guimarães, A & David, G. (2022). Efeito do fungo *Trichoderma* sp. sobre a germinação de plantas daninhas e gramíneas forrageiras. *Scientific Electronic Archives*, 15(11). Doi: <http://dx.doi.org/10.36560/151120221617>

Duan, M., Zhang, Y., Zhou, B., Wang, Q., Gu, J., Liu, G., Qin, Z & Li, Z. (2019). Changes in antibiotic resistance genes and mobile genetic elements during cattle manure composting after inoculation with *Bacillus subtilis*. *Bioresource Technology*. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122011>

Enyew B y Assefa, A (2020) Socioeconomic effects of water hyacinth (*Echhornia Crassipes*) in Lake Tana, North Western Ethiopia. PLoS ONE 15(9): e0237668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0237668>

Errington, J., & Aart, L. T. V. D. (2020). Microbe profile: *Bacillus subtilis*: model organism for cellular development, and industrial workhorse. *Microbiology*,

166(5), 425-427. Recuperado de:
<https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/micro/10.1099/mic.0.000922>

Esmeraldas, V., Rodríguez, J., Buñay, T & Murillo, R. (2021). Experiencias productivas con pimiento (*capsicum annum* L.) con abonos orgánicos en el subtrópico del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4311-4321. Recuperado de:
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/622>

Ezzariai, A., Hafidi, M., Ben Bakrim, W., Kibret, M., Karouach, F., Sobeh, M & Kouisni, L. (2021). Identifying Advanced Biotechnologies to Generate Biofertilizers and Biofuels From the World's Worst Aquatic Weed. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 9, 769366. Doi:
<https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.769366>

Gallardo, M. R. (2020). El Proceso de Eutrofización: otra de las múltiples caras de la contaminación. *MoleQla: revista de Ciencias de la Universidad Pablo de Olavide*, (36), 12. Recuperado de:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=722042>

Gallego, Y. (2022). *Compostaje y lombricultivo*. RED Descartes. Recuperado de:
https://proyectodescartes.org/iCartesiLibri/materiales_didacticos/Compostaje/index.html

Gill, H. K., Aujla, I. S., De Bellis, L., & Luvisi, A. (2017). The Role of Soil Solarization in India: How an Unnoticed Practice Could Support Pest Control. *Frontiers in plant science*, 8, 1515. Recuperado de:
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01515>

González, P., Reyes, R., Fernández, D., San Juan, A., Dopico, D y Fundora, L. Biofertilización con *Rhizoglosum irregulare* y *Azospirillum brasilense* en *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II. *Cultivos Tropicales*, 41(3). Recuperado de:

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362020000300003

- Guzmán, M. O. C., Muñoz, A. H. S., Alvarado, H. L., Quiñonez, J. I. C., & Castrejón, U. E. R. (2023). Estudio de la remoción de Flúor en medios acuosos por biomasa proveniente de *Eichhornia Crassipes*. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 21, 1-9. Recuperado de: <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/articloe/view/3885>
- Guevara, M & Ramírez, L. (2015). *Eichhornia crassipes*, su invasividad y potencial fitorremediador. *La Granja: Revista de ciencias de la vida*. Vol. 22(2): 5-11. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13843>
- Hashem, A., Tabassum, B., & Fathi Abd Allah, E. (2019). *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi journal of biological sciences*, 26(6), 1291–1297. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.05.004>
- Hernández, A., Vargas, S & Galván, M. (2018). Diseño de un proceso de molienda de *Eichhornia crassipes* para la producción de Biocombustible bajo la premisa costo nulo de Energía. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 4(1), 18 22. Recuperado de: <http://148.214.90.90/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/2337>
- Islam, M., Rahman, F., Papri, S., Faruk, M., Das, A., Adhikary, N., Debrot, A & Ahsan, M. (2021). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.) as an alternative raw material for the production of bio-compost and handmade paper. *Journal of Environmental Management*, 294, 113036. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113036>
- Jardón, A & Ortiz, A. (2023). Obtención y caracterización de biocarbón a partir de *Eichhornia crassipes* usando un prototipo de reactor de pirólisis solar. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1). Recuperado de:

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-38962023000100009&script=sci_arttext

Kleinschroth, F., Winton, R., Calamita, E., Niggemann, F., Botter, M., Wehrli, B & Ghazoul, J. (2021). Living with floating vegetation invasions. *Ambio*, 50(1), 125–137. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01360-6>

Lara, M., Lizaola, R., Victoria, D., Alarcón, A., Barra, J., Santos, A & Martínez, F. (2018). Generación de un inoculante acelerador del compostaje. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 206-210. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.03.010>

Martínez, A. (2015). Departamento de cesar (proyección DANE, 2015). Recuperado de: <https://www.colombiamania.com/departamentos/cesar.html>

Mazumder, P., Khwairakpam, M., & Kalamdhad, A. (2020). Bio-inherent attributes of water hyacinth procured from contaminated water body–effect of its compost on seed germination and radicle growth. *Journal of environmental management*, 257, 109990. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109990>

Merchán, N., Zurymar, S., Niño, L., & Urbano, E. (2019). Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. *Revista chilena de nutrición*, 46(3), 288-294. Recuperado de: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-75182019000300288&script=sci_arttext&tlng=n

Nasmi, Suteja, S & Suchart, S. (2023) A Review on Cellulose Fibers from *Eichornia Crassipes*: Synthesis, Modification, Properties and Their Composites, *Journal of Natural Fibers*, 20:1, DOI: [10.1080/15440478.2022.2162179](https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2162179)

Nichorzon, M. R., & Acuña, R. S. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). *Revista Ciencia UNEMI*, 13(32), 87-100.

Recuperado de: Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (Eichhornia Crassipes) - Dialnet (unirioja.es)

- Osorio, S., Castellanos, O., Romero, J & Miranda, J. (2017). Comparación de la calidad del humus de material vegetal con el de residuos orgánicos domésticos, resultado del compostaje mediante el sistema de pilas. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 8(2), 191-200. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5177/517752177017/517752177017.pdf>
- Obondo, K., Lelei, J & Mwonga, S. (2021). Propiedades del suelo y crecimiento del maíz (*Zea mays* L.) y respuesta del rendimiento a la aplicación de compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la cuenca del lago Victoria, Kenia. 12 (1), 17-28. Doi: <https://doi.org/10.5897/JSSEM2020.0856>
- Organo, N, Granada, S, Pineda, H, Sandro, J, Nguyen, V y Gummert, M. (2022). Evaluación del potencial de un activador de compost a base de *Trichoderma* para acelerar la descomposición de la paja de arroz incorporada. *Informes científicos* , 12 (1), 448. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03828-1>
- Patra, RK, Behera, D., Mohapatra, KK, Sethi, D., Mandal, M., Patra, AK y Ravindran, B. (2022). Yuxtaponiendo la calidad del compost y el vermicompost producidos a partir de desechos orgánicos modificados con estiércol de vaca. *Investigación Ambiental* , 214 , 114119. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122014463>
- Peña, N & Pedraza, A. (2021). Medir parámetros de calidad en el proceso de elaboración de un abono orgánico compostado a base de cascarilla de arroz, ceniza de cascarilla de arroz y gallinaza., Cúcuta, Norte de Santander. *SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN*, 4(1). Recuperado de: https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/SEMINVE/articloe/view/4703

Pierini, V., Ratto, S., Avedissian, F., Zubillaga, M., & Arancio, J. (2010).

Propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda. *Revista Facultad de Agronomía, UBA, Argentina, 30*, 95-99. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/33999241.pdf>

Pottipati, N & Kalamdhad, S. (2023). Bioconversion of Eichhornia crassipes into vermicompost on a large scale through improving operational aspects of in-vessel biodegradation process: Microbial dynamics. *Bioresource Technology, 374*, 128767. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128767>

Poveda, J., Hermosa, R., Monte, E., & Nicolás, C. (2019). Trichoderma harzianum favours the access of arbuscular mycorrhizal fungi to non-host Brassicaceae roots and increases plant productivity. *Scientific reports, 9*(1), 1-11. Recuperado de: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-48269-z>

Ramírez-Sánchez, I. M., Rios-Solis, M. E., Morales-Contreras, M., Colomer-Mendoza, F. J., Vargas-Soto, J. C., & Robles-Martínez, F. (2016). Uso de viruta de madera y lirio acuático (Eichhornia crassipes) como agentes estructurantes en tratamientos aerobios de residuos hortícolas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 32*, 153-160. Recuperado de: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.11>

Reyes, J., Luna, R., Reyes, M., Vázquez, V., Zambrano, D & Torres, J. (2018). Efecto de los abonos orgánicos sobre la respuesta productiva del tomate (Solanum lycopersicum L). *Rev. Fac. Agron. (Luz)*, 35(1), 26-39. Recuperado de: https://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/articulos/201835/1/2018351_26-39.pdf

Rivas, M., González, M., Belloso, G & Silva, R. (2017). Poblaciones de hongos y actinomicetos presentes en el proceso de compostaje con base en bora (Eichhornia crassipes), residuos de café y de jardinería| Fungi and

actinomycetes populations present in the composting process based on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), coffee and garden waste. SABER, 29, 358-366. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/profile/Magalys_Rivas-Nichorzon/publication/321685033_Poblacion_de_hongos_y_actinomicetes_presentes_en_el_proceso_de_compostaje_con_base_de_bora_Eichhornia_crassipes_residuos_de_cafe_y_jardineria/links/5a2ac7a00f7e9b63e538c0ec/Poblacion-de-hongos-y-actinomicetes-presentes-en-el-proceso-de-compostaje-con-base-de-bora-Eichhornia-crassipes-residuos-de-cafe-y-jardineria.pdf

Rivas, M & Silva, R. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia crassipes*). *Revista Ciencia UNEMI*. Vol.13, n°32, pp. 87-100. ISSN 2528-7737. Recuperado de: <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1007/1015>

Rodrigo, J. (enero del 2016). ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias. Recuperado de: https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova

Rodríguez, J. W., Cervantes, F., Arámbula, G., Mariscal, L. A., Aguirre, C. L., & Andrio, E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*): una revisión. *Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 1-12. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>

Sánchez, J & Bacusoy, A. (2023). *Trichoderma harzianum* como biofertilizante en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) para una producción ecosostenible. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9762-9776. Doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5089

Santos, J. W. H., Choquegonza, M. U. C., Coarita, E. M. F., & Rebaza, L. U. M. T. (2022). El Mende Madre y la eficiencia en el proceso de compostaje de residuos provenientes de áreas verdes de la ciudad de Tacna, Perú.

Ingeniería Investiga, 4. Recuperado de:
<https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/ingenieria/article/view/704>

Sordo, A. (15 de abril del 2021). Recolección de datos: métodos, técnicas e instrumentos. *Hubspot*. Recuperado de:
<https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>

Su, Y., Liu, C., Fang, H & Zhang, D. (2020). *Bacillus subtilis*: a universal cell factory for industry, agriculture, biomaterials, and medicine. *Microbial cell factories*, 19(1), 1-12. Recuperado de:
<https://microbialcellfactories.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12934-020-01436-8>

Su, W., Sun, Q., Xia, M., Wen, Z., & Yao, Z. (2018). The resource utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* [Mart.] Solms) and its challenges. *Resources*, 7(3), 46. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/324770>

Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, 46(2), 93-103. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852019000200093&script=sci_arttext

Tortosa, G. (7 de julio del 2014). Recuento de microorganismos mesófilos en un compost. *Compostando ciencia*. Recuperado de:
<http://www.compostandociencia.com/2014/07/recuento-de-microorganismos-mesofilos-html/>

Udume, O. A., Abu, G. O., Stanley, H. O., Vincent-Akpu, I. F., & Momoh, Y. (2022). Impact of composting factors on the biodegradation of lignin in *Eichhornia crassipes* (water hyacinth): A response surface methodological (RSM) investigation. *Heliyon*, 8(9), e10340. Doi:
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10340>

Venegas, J., Méndez, C., Martínez, E., Torres, L., & Rodríguez, M. (2019). Producción orgánica de *Beta vulgaris* subespecie cicla con inoculantes

microbianos. *Biotecnia*, 21(3), 121-126. Recuperado de:
<https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971084015.pdf>

Villalba, L., Paolini, J y Rocha, C. (2021). Algunos parámetros biológicos en la evaluación de la estabilidad y la madurez de dos compost. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 38: 06-30. Doi: DOI:
[https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n1.01](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n1.01)

Werner, K. A., Castro-Herrera, D., Yimer, F., Tadesse, M., Kim, D. G., Prost, K., ... & Grohmann, E. (2023). Microbial Risk Assessment of Mature Compost from Human Excreta, Cattle Manure, Organic Waste, and Biochar. *Sustainability*, 15(5), 4624.
Doi: <https://doi.org/10.3390/su15054624>

14. ANEXOS

Tratamiento	Fecha	Observaciones
En este periodo los tratamientos estuvieron en condiciones ambientales húmedas y bajo sombra		
Temperaturas. (mañana): Control: 29.5 °C/29.9 °C/30.4 °C/29.7 °C <i>T.harzianum</i> : 29.4 °C/29.4 °C/29.5 °C <i>B. subtilis</i> : 28.8 °C/29.5 °C/ 29.5 °C <i>T.harzianum</i> y <i>B. subtilis</i> : 29.8 °C/29.9 °C/29.7 °C (noche): Control: 27.4 °C/27.8 °C <i>T.harzianum</i> : 28.4 °C/27.9 °C/28.1 °C <i>B. subtilis</i> : 28 °C/27.9 °C/27.7 °C <i>T.harzianum</i> y <i>B. subtilis</i> : 28 °C/28 °C/28 °C		
Nota: revolvemos todos los días		
T1. Control	1/12/2022	No hay ningún cambio, no hay humedad.
T2. Control		No hay cambios macroscópicos y no tiene humedad
<i>T. Trichoderma harzianum</i>		Los tres tratamientos tienen Olor a tierra, presencia de humedad.
<i>T. Bacillus subtilis</i>		Los tres tratamientos tienen olor dulce, presencia de humedad, aún no hay cambios de color.
<i>T. B. subtilis</i> y <i>T. harzianum</i>		Se agregó solo a <i>Bacillus subtilis</i> para que este actuara primero por 4 días.
T1. Control	2/12/2022	No tiene humedad, no hay cambios de olor.
T2. Control		Tiene cambios leves, pero no presenta cambios de olor.
<i>T. Trichoderma</i>		Los tratamientos

<i>harzianum</i>		presentan leve olor a petricor, sin crecimientos macroscópicos, la humedad bajo, no hay cambio de color.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		No hay presencia de humedad, se perciben aromas de la melaza y viruta, no hay cambio de color.
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		No hay cambio de color y olor, no hay humedad, solo aroma de viruta y melaza.
T1. control	3/12/2022	Se mantiene sin cambio de olor, color y humedad.
T2. Control		Cambios leves, no hay cambio de olor y color.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Leve olor a petricor, humedad baja, no hay cambio de color.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		No hay presencia de humedad, aroma dulce y a madera, no hay cambio de color.
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Aroma dulce, no hay cambio de color, no hay humedad.
T1. Control		No hay cambio de color y olor, no hay humedad.
T2. Control		Cambio leve de color, no hay cambio de olor, color.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>	4/12/2022	Color negro, olor a tierra, tienen apariencia pegajosa.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Presencia de color negro, olor dulce.
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Color negro y olor dulce. Le agregamos

		los 10 ml de <i>T. harzianum</i> .
T1. Control	5/12/2022	Olor a melaza y madera, no hay cambio de color.
T2. Control		Cambio leve de color, olor a melaza y madera.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Color negro uniforme, aroma a petricor, presencia de humedad.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Presencia de humedad, apariencia viscosa, olor dulce.
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Olor dulce, color negro, presencia de humedad.
T1. Control	6/12/2022	Olor a melaza y madera, no hay cambio de color.
T2. Control		Cambio leve de color, olor a melaza y madera.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Presencia de olor a petricor, color negro, disminución de humedad.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Aroma a madera y dulce
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Color negro, aroma dulce, con presencia de humedad.
T1. Control	7/12/2022	Olor a melaza y madera, no hay cambio de color.
T2. Control		Cambio leve de color, olor a melaza y madera.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Presencia de olor a petricor, color negro, disminución de humedad.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Aroma a madera y dulce
T. <i>B. subtilis</i> y T.		Color negro, aroma

<i>harzianum</i>		dulce, con presencia de humedad.
T1. Control	8/12/2022	Olor a melaza y madera, no hay cambio de color.
T2. Control		Cambio leve de color, olor a melaza y madera.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Presencia de olor a petricor, color negro, disminución de humedad.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Aroma a madera y dulce
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Color negro, aroma dulce con brote de aroma a petricor, con presencia de humedad.
T1. Control	09/12/2022	Olor a melaza y madera, no hay cambio de color.
T2. Control		Cambio de color a negro, y de olor dulce y madera.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Presencia de olor a petricor, color negro, disminución de humedad.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Aroma a madera y dulce
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Color negro, aroma dulce con brote de aroma a petricor, con presencia de humedad.
T1. Control	10/12/2022	Olor a melaza y madera, hay cambio de color.
T2. Control		Cambio de color, olor a melaza y madera.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Olor a petricor, color negro.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Olor dulce y color negro

<i>T. B. subtilis</i> y <i>T. harzianum</i>		Olor a petricor con una tenue persistencia de olor dulce y color negro
T1. Control	11/12/2022	Olor a melaza y madera, hay cambio de color.
T2. Control		Cambio de color, olor a melaza y madera.
<i>T. Trichoderma harzianum</i>		Olor a petricor, color negro.
<i>T. Bacillus subtilis</i>		Olor dulce y color negro
<i>T. B. subtilis</i> y <i>T. harzianum</i>		Olor a petricor con un tenue aroma de olor dulce y color negro
T1. Control	12/12/2022	Olor a melaza y madera, color marrón oscuro excepto la viruta que está rojiza.
T2. Control		Color marrón oscuro excepto la viruta, olor a melaza y madera.
<i>T. Trichoderma harzianum</i>		Color oscurecido negro, con olor a petricor los residuos de hogar se han degradado salvo por las cáscaras de yuca y aguacate
<i>T. Bacillus subtilis</i>		Color oscurecido negro con un olor a petricor aún conserva un tono de aroma dulce, los residuos de hogar se han degradado salvo por las cáscaras de yuca y aguacate
<i>T. B. subtilis</i> y <i>T.</i>		Tiene un leve olor

<i>harzianum</i>		dulce y se percibe inmediatamente el olor a petricor con intensidad, los residuos de hogar se han degradado salvo por las cáscaras de yuca y aguacate
T1. Control	13/12/2022	Olor a melaza y madera, color marrón excepto la viruta que está rojiza.
T2. Control		Color marrón excepto la viruta, olor a melaza y madera.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Color oscurecido negro, con olor a petricor los residuos de hogar se han degradado salvo por las cáscaras de yuca y aguacate
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Color oscurecido negro con un olor a petricor aún conserva un tono de aroma dulce, los residuos de hogar se han degradado salvo por las cáscaras de yuca y aguacate
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Tiene un leve olor dulce y se percibe inmediatamente el olor a petricor con intensidad, los residuos de hogar se han degradado salvo por las cáscaras de yuca y aguacate
T1. Control	14/12/2022	Olor a melaza y madera, color marrón oscuro excepto la viruta que

		está rojiza.
T2. Control		Olor a melaza y madera, color marrón oscuro excepto la viruta que está rojiza.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Color marrón oscuro a negro, de aspecto seco, con poca humedad, olor a petricor y la viruta está parcialmente degradada
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Color marrón oscuro a negro, de aspecto seco, con poca humedad, olor a petricor y la viruta está parcialmente degradada
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Color marrón oscuro a negro, de aspecto seco, con poca humedad, olor a petricor y la viruta está parcialmente degradada
T1. Control	15/12/2022	Olor a melaza y madera, color marrón oscuro excepto la viruta que está rojiza.
T2. Control		Olor a melaza y madera, color marrón oscuro excepto la viruta que está rojiza.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Color marrón oscuro a negro, de aspecto seco con poca humedad, olor a petricor y la viruta está parcialmente

		degradada
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Color marrón oscuro a negro, de aspecto seco, con poca humedad, olor a petricor y la viruta está parcialmente degradada
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Color marrón oscuro a negro, de aspecto seco, con poca humedad, olor a petricor y la viruta esta parcialmente degradada
Hasta aquí manejamos temperaturas bajo sombra		
Temperaturas. (Mañana): Control: <i>T.harzianum</i> : 43.2°C/47.3°C/48°C <i>B. subtilis</i> : 43.3°C/45.7°C/45.9°C <i>T.harzianum</i> y <i>B. subtilis</i> : 47.2°C/46°C/40.5°C (Tarde): Control: <i>T.harzianum</i> : 49.6°C/52.4°C/52.5°C <i>B. subtilis</i> : 54.1°C/54.1°C/54.1°C <i>T.harzianum</i> y <i>B. subtilis</i> : 48.5°C/46°C/50°C		
T1. Control	16/12/2022	Se colocaron al sol ya que se estaban manteniendo a la sombra, todos los tratamientos presentan tonos negros y cafés.
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>	17/12/2022	Al exponerse al sol, los tratamientos presentan humedad en forma de gotas de agua en las tapas. Se noto la presencia de hormigas, de momento no sabemos si es beneficioso o no.
T1. Control		
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		

		Al revolver aún se observan algunas cáscaras de huevo más que todo.
T1. Control	18/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	19/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	19/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Estuvieron expuestos al sol, no hay cambios muy evidentes aún.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	20/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	21/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Estuvieron a la sombra, aunque en las mismas condiciones de interperie, todos los tratamientos tienen color negro, presencia de humedad.
T1. Control	22/12/2022	
T2. Control		No había presencia de hormigas, en todos los tratamientos, no hay mucho cambio de
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		

		color.
T2. Control		Color negro, no huele mal.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Color negro, huelen a tierra, presentan humedad, presencia de viruta.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Olor dulce, color negro, presentan humedad.
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Olor a petricor y un poco dulce, humedad y color negro.
T1. Control	23/12/2022	Con pocos cambios, olor a ingredientes iniciales.
T2. Control		Color negro, olor dulce.
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		Color negro, olor a petricor, presencia de gusanos en el fondo.
T. <i>Bacillus subtilis</i>		Color negro, olor dulce, presencia de humedad y presencia de gusanos en el fondo.
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		Color negro, olor a petricor y dulce, presencia de gusanos en el fondo.
<p>Estimamos que la presencia de hormigas es debido a la aparición de gusanos en el fondo además colocamos los tratamientos boca abajo para que el calor actuara en la parte donde están los gusanos.</p>		
T1. Control	24/12/2022	Al estar expuestos al sol mantienen humedad mientras se encuentran en el calor, la madera se
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	25/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		

T. <i>Bacillus subtilis</i>		<p>mantiene en trozos pequeños, aunque es de color negro al igual que todos los demás materiales. Los gusanos ya no están presentes, estos murieron. Consideramos que este abono ya está listo para usarse.</p>
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	26/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	27/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	28/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	29/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		
T1. Control	30/12/2022	
T2. Control		
T. <i>Trichoderma harzianum</i>		
T. <i>Bacillus subtilis</i>		
T. <i>B. subtilis</i> y T. <i>harzianum</i>		



Figura 2. 1er día de todos los tratamientos

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 3. 2do día *T. harzianum* y *B. subtilis*

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 3. 2do día de *T. harzianum*

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 4. 2do día de *B. subtilis*

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 5. 2do día de Tratamiento control

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 6. 3er dia *B. subtilis*
Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 7. 3er dia *T.harzianum*
Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 8. 3er dia Tratamientos control
Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 9. temperatura bajo sombra; A) 29.5°C B) 30.4 °C C) 29.5 °C D) 29.9 °C

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 10. temperatura en sol directo; A) 47.3 °C B) 43.3 °C

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)



Figura 11. *Eichhornia crassipes* entera (solarización)

Fuente: (Hoyos y Ariza, 2023)