



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 1

Neiva, ____ mayo 2022

Señores

**CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

Neiva Huila

Los suscritos:

MARIA ISABEL BENAVIDES SILVA con C.C. No. 1075261815

SANTIAGO GONZALEZ MUÑOZ con C.C. No. 1151956839

Autor(es) de la tesis titulada:

“Evaluación comparativa de Microorganismos de Montaña (MM) y Microorganismos Eficientes (EM) como aceleradores de compostaje en el centro penitenciario de La Plata (Huila Colombia)”,

presentado y aprobado en el año 2022 como requisito para optar al título de Ingeniero Agrícola. Autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.
- De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

SANTIAGO GONZALEZ MUÑOZ

Firma: _____

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

MARIA ISABEL BENAVIDES SILVA

Firma: _____

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					   	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:

EVALUACIÓN COMPARATIVA DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA (MM) Y MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM) COMO ACELERADORES DE COMPOSTAJE EN EL CENTRO PENITENCIARIO DE LA PLATA (HUILA, COLOMBIA)

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
BENAVIDES SILVA	MARIA ISABEL
GONZALEZ MUÑOZ	SANTIAGO

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
RUÍZ OSORIO	YANETH LILIANA
AMOROCHO CRUZ	CLAUDIA MILENA

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
LADINO	WILMER
HOYOS	RUBEN DARIO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO AGRICOLA

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: INFENIERIA AGRICOLA

CIUDAD: La Plata H

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2022

NÚMERO DE PÁGINAS: 34

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías ☒ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general ☒ Grabados___ Láminas___
Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos___ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas o Cuadros ☒

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

WORD (MICROSOFT OFFICE)

ADOBE ACROBAT READER

MATERIAL ANEXO:

ANEXO 1. (FIGURA 14.) Análisis macro morfológico de colonias de Microorganismos eficientes EM.

ANEXO 2. (TABLA 4.) Descripción macro morfológica y micro morfológica de las colonias seleccionadas

ANEXO 3. (FIGURA 15.) Vista microscópica de los microorganismos aislados en los medios con MM y EM

ANEXO 4. (TABLA 6.) Descripción macro morfológica de colonias con crecimiento diferenciado y confirmación en medio TSI.

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Compost	Compost
2. Residuos sólidos orgánicos	Organic solid waste
3. Microorganismos eficientes	Efficient microorganisms
4 Microorganismos de Montaña	Mountain Microorganisms

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El presente trabajo evaluó la inoculación de Microorganismos Eficientes (EM) y Microorganismos de Montaña (MM) en el proceso de compostaje de residuos orgánicos del Centro Penitenciario de La Plata (Huila, Colombia), entre abril a septiembre del año 2019. Para ello, se determinó la cantidad de residuos orgánicos generados en el centro penitenciario, su manejo e impactos negativos. Posteriormente, se utilizó una compostera de tres compartimientos aislados, SAC-4500; al interior de cada uno de ellos se realizaron los siguientes tratamientos: T1. Microorganismos Eficientes + Materia Orgánica (EM+MO); T2. Microorganismos de Montaña + Materia Orgánica (MM+MO); y T3. Materia Orgánica sin la aplicación de Microorganismos (MO). Estos tratamientos se evaluaron mediante el seguimiento de las variables temperatura, humedad pH y conductividad, durante 30 días. Al sustrato obtenido se le hizo una prueba de inocuidad, con el fin de detectar la presencia de microorganismos patógenos (específicamente enterobacterias). El análisis estadístico de las variables físico-químicas se realizó mediante una ANOVA simple. Los resultados demuestran que la aplicación de dichos inóculos favorece al aumento en la calidad del compost obtenido con parámetros aceptables según los criterios de la norma NTC 5167 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2011); además, disminuye el tiempo de degradación, la contaminación de agentes patógenos y ofrece una variedad de usos en la agricultura.



ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This paper evaluated the inoculation of Efficient Microorganisms (EM) and Mountain Microorganisms (MM) in the process of organic waste composting of the Penitentiary Center of La Plata (Huila, Colombia) from April to September, 2019. For this, the amount of organic waste generated in the penitentiary center was determined, its handling, and the negative impacts. Subsequently, a composter with three isolated compartments, SAC-4500, was used. The following treatments were carried out inside each of them: T1. Efficient Microorganisms + Organic Matter (EM+MO). T2. Mountain Microorganisms + Organic Matter (MM+MO). And T3. Organic Matter without the application of Microorganisms (MO). These treatments were evaluated by means of a follow-up to variables such as temperature, humidity, pH, and conductivity for 30 days. To the substrate obtained was a safety test, to detect the presence of pathogenic microorganisms (specific enterobacteria). The statistical analysis of the physical-chemical variables was performed by a simple ANOVA. The results demonstrate that the application of these inoculums favors the increase in the quality of the compost obtained with acceptable parameters according to the criteria of the standard NTC 5167 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2011); in addition, decreases the time of degradation, the pollution of pathogens, and offers a variety of uses in agriculture.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado:

Firma:

Nombre Jurado:


JEIMIS YOANA MONTEALEGRE FIGUEROA

Firma:

Nombre Jurado:


DAMARIS PERDOMO MEDINA

Firma:


JEIMIS YOANA MONTEALEGRE FIGUEROA

Evaluación comparativa de Microorganismos de Montaña (MM) y Microorganismos Eficientes (EM) como aceleradores de compostaje en el centro penitenciario de La Plata (Huila, Colombia)

Trabajo de grado presentado al departamento de Ingeniería Agrícola como requisito para optar al título de: Ingeniero Agrícola

Autores

Maria Isabel Benavides Silva¹: 20122114066

Santiago González Muñoz²: 20132123606

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Agrícola

La Plata, Huila, Colombia. 2022

¹ Estudiante Ingeniería Agrícola, Universidad Surcolombiana Sede La Plata, Huila.

² Estudiante Ingeniería Agrícola, Universidad Surcolombiana Sede La Plata, Huila.

Firma

Director: Yaneth Liliana Ruíz Osorio MSc

Firma

Codirector: Claudia Milena Amorocho Cruz
PhD.

Nota de aceptación

Firma

Jurado: Lic. Yeimis Yoana Montealegre

Firma

Jurado: MSc. Damaris Perdomo Medina

Evaluación comparativa de Microorganismos de Montaña (MM) y Microorganismos Eficientes (EM) como aceleradores de compostaje en el centro penitenciario de La Plata (Huila, Colombia)

RESUMEN

El presente trabajo evaluó la inoculación de Microorganismos Eficientes (EM) y Microorganismos de Montaña (MM) en el proceso de compostaje de residuos orgánicos del Centro Penitenciario de La Plata (Huila, Colombia), entre abril a septiembre del año 2019. Para ello, se determinó la cantidad de residuos orgánicos generados en el centro penitenciario, su manejo e impactos negativos. Posteriormente, se utilizó una compostera de tres compartimientos aislados, SAC-4500; al interior de cada uno de ellos se realizaron los siguientes tratamientos: T1. Microorganismos Eficientes + Materia Orgánica (EM+MO); T2. Microorganismos de Montaña + Materia Orgánica (MM+MO); y T3. Materia Orgánica sin la aplicación de Microorganismos (MO). Estos tratamientos se evaluaron mediante el seguimiento de las variables temperatura, humedad pH y conductividad, durante 30 días. Al sustrato obtenido se le hizo una prueba de inocuidad, con el fin de detectar la presencia de microorganismos patógenos (específicamente enterobacterias). El análisis estadístico de las variables físico-químicas se realizó mediante una ANOVA simple. Los resultados demuestran que la aplicación de dichos inóculos favorece al aumento en la calidad del compost obtenido con parámetros aceptables según los criterios de la norma NTC 5167 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2011); además, disminuye el tiempo de degradación, la contaminación de agentes patógenos y ofrece una variedad de usos en la agricultura.

Palabras Clave: compost, residuos sólidos orgánicos, microorganismos eficientes, microorganismos de montaña.

ABSTRACT

This paper evaluated the inoculation of Efficient Microorganisms (EM) and Mountain Microorganisms (MM) in the process of organic waste composting of the Penitentiary Center of La Plata (Huila, Colombia) from April to September, 2019. For this, the amount of organic waste generated in the penitentiary center was determined, its handling, and the negative impacts. Subsequently, a composter with three isolated compartments, SAC-4500, was used. The following treatments were carried out inside each of them: T1. Efficient Microorganisms + Organic Matter (EM+MO). T2. Mountain Microorganisms + Organic Matter (MM+MO). And T3. Organic Matter without the application of Microorganisms (MO). These treatments were evaluated by means of a follow-up to variables such as temperature, humidity, pH, and conductivity for 30 days. To the substrate obtained was a safety test, to detect the presence of pathogenic microorganisms (specific enterobacteria). The statistical analysis of the physical-chemical variables was performed by a simple ANOVA. The results demonstrate that the application of these inoculums favors the increase in the quality of the compost obtained with acceptable parameters according to the criteria of the standard NTC 5167 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2011); in addition, decreases the time of degradation, the pollution of pathogens, and offers a variety of uses in agriculture.

Keywords: compost, organic solid waste, efficient microorganisms, mountain microorganisms.

INTRODUCCIÓN

Según el Departamento Nacional de Planeación (2020), sólo el 17% de los residuos sólidos de Colombia son reciclados, de no cambiar esta tendencia, el país tendrá emergencias sanitarias en la mayoría de las ciudades. La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2015) determinó que la generación de residuos sólidos es de 283 kg por persona al año, y que del 60% a 70% son residuos orgánicos y estima que para el 2030, estas cifras habrán incrementado a 321 kg por persona. Por tanto, el CONPES 3874 de 2016 plantea el avance gradual hacia modelos de economía circular, como estrategia para tener un esquema de gestión integral de residuos sólidos con mayor eficiencia; lo que permitiría aliviar la creciente presión de los rellenos sanitarios mediante el aprovechamiento de los residuos orgánicos.

El desarrollo de una agricultura sostenible se orienta en satisfacer la demanda alimenticia manteniendo un equilibrio con el ambiente (Campos, 2013); desde esta perspectiva, por su impacto ambiental, cobra importancia la inoculación de microorganismos para la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de patógenos (Lizarazo y Gómez 2014). Así, la adición de microorganismos autóctonos al compostaje, como solución a los requerimientos de macronutrientes, ha mostrado buenos resultados; y la elaboración de compost con microorganismos nativos con actividad enzimática se ha promovido con el fin de disminuir costos y producir grandes volúmenes de compost en menor tiempo. Esto debido a que la adición de este tipo de compost al suelo mejora las propiedades fisicoquímicas, biológicas y la productividad agrícola (Méndez, 2019).

En este sentido, Morales y Aristizábal (2007) afirman que el compostaje no debe ser visto simplemente como un sistema de tratamiento de residuos agrícolas; sino como un proceso basado en la actividad de microorganismos vivos, quienes son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Por consiguiente, el interés por el compostaje como sistema de tratamiento de residuos orgánicos se centra en aprovechar la energía y nutrientes contenidos en los tejidos animales y vegetales.

Se han evaluado diferentes sistemas de compostaje aeróbico y anaeróbico bajo la acción de microorganismos eficientes y autóctonos; esto con el fin de establecer la acción de estos a través del análisis de los productos y los subproductos. Algunos estudios, como el de López (2013), han permitido concluir que el sistema aeróbico es el más rápido; y que la acción de los microorganismos es similar para los autóctonos y los eficientes. Además, los microorganismos benéficos en los sustratos controlan enfermedades, a la vez que son resistentes a los patógenos, y son amigables con el medio ambiente; pues no representan ningún daño para los humanos ni contaminan el medio (Hoyos et al., 2008).

El proceso de compostaje depende de las condiciones climáticas, por lo cual requiere un tiempo mínimo de 4 a 6 meses para completar su proceso; esto puede ser optimizado por la incorporación de activadores biológicos al proceso, con el fin de acelerarlo (Azurduy et al., 2014). Para esto existen diferentes alternativas, entre las que se encuentran aditivos orgánicos, microorganismos efectivos, microorganismos eficientes autóctonos y otros (Altamirano y Cabrera, 2006). A pesar de esto, son pocos los proyectos institucionales enfocados en la optimización del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos mediante el compostaje, lo que acelera la reducción de la vida útil de los rellenos sanitarios (Echeverry, 2004).

En el Establecimiento Penitenciario de La Plata (Huila) habitan 500 personas y se recolectan alrededor de 720 kg mensuales de residuos orgánicos, lo que representa un problema para la gestión de estos y su manejo en espacios a cielo abierto; generando un alto nivel de gases de efecto invernadero (GEI) y vectores transmisores de enfermedades como ratones, cucarachas e insectos, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, el presente proyecto, motivado por la disposición inadecuada y pérdida de residuos orgánicos, y en la búsqueda de alternativas de agricultura inteligente para la mitigación del cambio climático, propone la obtención de compost en la Institución. Para ello se hizo seguimiento a dos tratamientos con el fin de evaluar la aplicación de dos activadores biológicos: Microorganismos de Montaña (MM), como alternativa de bajo costo y Microorganismos Eficientes (EM), como opción comercial. Estos tratamientos fueron usados como aceleradores de transformación de la materia orgánica para identificar cuál ofrece una mayor eficiencia en términos de tiempo e inocuidad en el proceso de compostaje.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Localización del proyecto

El proyecto estuvo localizado en el Centro Penitenciario de La Plata (Huila, Colombia), y se desarrolló entre los meses de abril a septiembre de 2021; durante este periodo se desarrollaron los procesos de compostaje expuestos a los tratamientos con EM y MM, enfocados en el aprovechamiento de los residuos sólidos de la Institución. Los análisis de los parámetros a evaluar y la reproducción de los MM y EM se realizaron en el Laboratorio de Ciencias Básicas de la Universidad Surcolombiana, Sede La Plata; mientras que los análisis de aislamiento y confirmación de los microorganismos fueron llevados a cabo en el Laboratorio de Microbiología, Facultad de Ingeniería de la misma universidad, sede Neiva.

1.2. Diagnóstico del manejo de los residuos orgánicos en el centro penitenciario

Para el diagnóstico se realizó el pesaje de los residuos orgánicos generados por los 500 internos y funcionarios, utilizando una Báscula Mecánica Colgante de Reloj durante una semana, resultando aproximadamente 200 kg. De igual manera, se hizo un recorrido por las instalaciones, especialmente por las rutas de disposición de residuos, con el fin de reconocer los procesos de generación, separación y manejo. La administración del establecimiento también suministró el personal responsable del manejo de los residuos, así como las condiciones de logística y seguridad para el desarrollo de la experimentación.

1.3. Captura de microorganismos de montaña

Por otro lado, para la captura de MM se siguió la metodología sugerida por el ingeniero agrónomo (D. Hoyos, comunicación personal, 13 de julio de 2019), para lo cual se extrajeron 60 kg de mantillo en el bosque húmedo, como se observa en la Figura 1, sin intervención antropogénica, ubicado en el Parque Regional Natural Minas. Una vez se extrajo el mantillo, se ubicó en condiciones anaeróbicas dentro de bolsas plásticas negras, durante 30 días (Figura 1). Los

microorganismos se conservaron en una fase sólida (MM sólido) y se utilizaron en una fase líquida (MM líquido). Para la fase sólida se requirió un inóculo de microorganismos (tierra de montaña), un carbohidrato como sustrato y energía (semolina de arroz) y otro carbohidrato como fuente de energía (melaza).



FIGURA 1. De izquierda a derecha: extracción del mantillo en reserva forestal, observación de las características del sustrato y selección para pasar a condiciones anaeróbicas.

Fuente: Los autores

1.4. Activación de microorganismos de montaña

Para el montaje de la planta de microorganismos en fase líquida se realizaron adaptaciones a un tanque de 250 L con tubería PVC de 1/2" y válvula para extracción durante la cosecha (Figura 2). Para la activación se requirió: inóculo de microorganismos (MM sólido), un carbohidrato como energía (melaza) y agua limpia sin cloro (Tencio, 2012)(Suchini, 2012). El agua se puso en un tanque rotoplast de 250L y se dejó en reposo durante al menos un día para dejar volatilizar el cloro, ya que este agente químico es letal para los microorganismos. Así mismo, para la implementación de las plantas se realizó la limpieza y desinfección con vinagre de frutas.

Una vez desinfectados los implementos, se procedió a mezclar en un biorreactor (tanque PVC de 250 L) donde se depositaron 125 L de agua sin cloro, 20 L de melaza pasteurizada diluida al 20% como fuente de energía, el inóculo de microorganismos y 1 ml de oxígeno líquido (FUNDASES, s.f.). Se elaboró un sustrato como alimento a base de leche, yogurt natural, melaza pasteurizada y soya, con la metodología sugerida por Hoyos (comunicación personal 13 de julio de 2019) y se aplicó 625 ml a cada uno de los biorreactores.

Los microorganismos eficientes comerciales que se utilizaron fueron Microorganismos efectivos nativos del trópico, (MICROOTEC, Colombia), los cuales se activaron utilizando 20 L de este producto como inóculo microbiano, 10 L de activador y agua sin cloro, con el mismo protocolo que se realizó el montaje de los microorganismos de montaña.

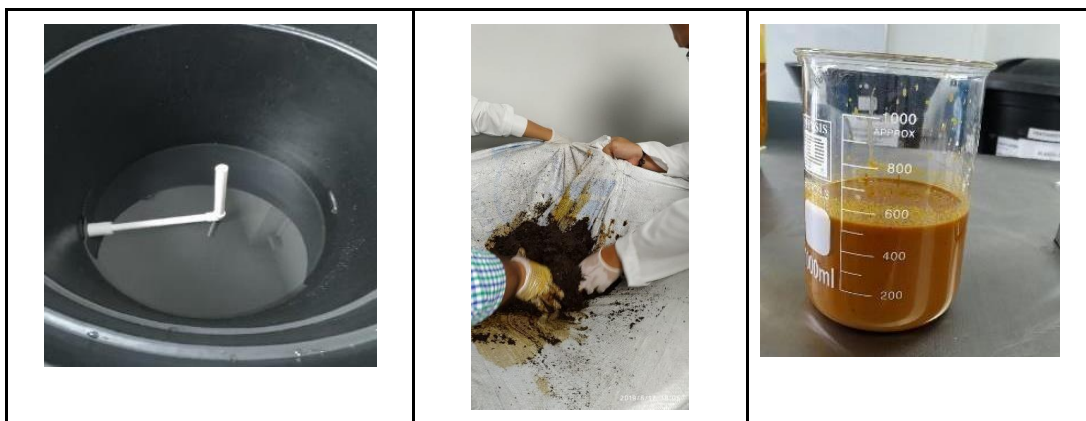


FIGURA 2. De izquierda a derecha: adaptación hidráulica de los tanques, montaje de microorganismos en fase líquida y sustrato para alimentar los microorganismos en fase líquida.
Fuente: Los autores

1.5. Reproducción de microorganismos de montaña (MM)

A partir del montaje, se inició el monitoreo del pH de los microorganismos, se realizó la primera extracción 15 días después, al igual que se los alimentó con el sustrato. Se extrajo la mitad del contenido de las plantas de reproducción y se volvió a llenar con agua sin cloro; posteriormente, se aplicó el alimento y 1 ml de oxígeno líquido, con el fin de estimular la reproducción continua de los microorganismos presentes.

Adicionalmente, se realizó el proceso de oxigenación manual con un tubo PVC de 2" con tapones, mediante un movimiento en sentido de las manecillas del reloj durante 5 minutos (Figura 3). Este procedimiento se realizó cada semana para mantener su estabilidad. Los microorganismos se cultivaron en bolsas de polietileno transparentes con capacidad de 20 L y en bidones de 20 L, para facilitar su transporte.

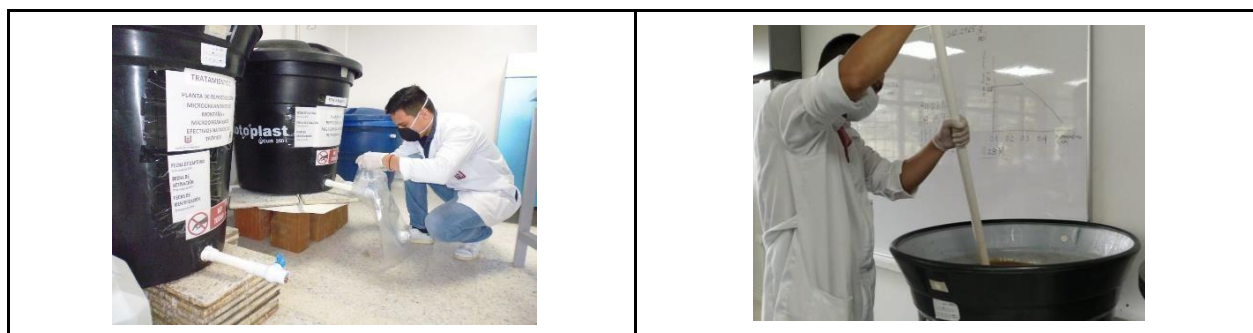


FIGURA 3. A la izquierda, extracción del inóculo de microorganismos de las plantas de reproducción; a la derecha, proceso de oxigenación manual.
Fuente: Los autores

1.6. Seguimiento de plantas de reproducción de microorganismos

Para el seguimiento de los microorganismos, se tuvo en cuenta características como el color y olor, los cuales fueron determinados de forma organoléptica; y el pH se midió con potenciómetro InnoLab pH 7110 de Hanna Instruments, en intervalos de 10 días en cada uno de los biorreactores (Figura 4). Es decir, dos días después de cada extracción de microorganismos de las plantas.



FIGURA 4. Protocolo de medición de pH de ME y MM, respectivamente.
Fuente. Los autores

1.7. Análisis Microbiológico

Para el cultivo microbiológico de las plantas de microorganismos EM y MM, y posterior conteo de colonias, se prepararon 5 medios de cultivo: MRS (Man, Rogosa y Sharpe) (Conda, México) para determinación de *spbacilos*; PCA (Plate Count Agar) (Conda, España), para conteo de mesófilos, PDA (Potato Dextrose Agar) (Merck, Alemania), para hongos y levaduras; para determinación de patógenos se prepararon VRBG (Violet Red Bile Glucose) (Merck, Alemania), para enterobacterias y XLD (Xilosa, Lisina, Desoxicolato) (Oxoid, Alemania), para salmonella y coliformes.

El cultivo se realizó con el método de diluciones seriadas al 10%, con 9 ml de agua peptona estéril y 1 ml de muestra, hasta llegar a una dilución de 10⁻¹⁰. Se sembraron las diluciones pares (10⁻², 10⁻⁴, 10⁻⁶, 10⁻⁸ y 10⁻¹⁰) sembrando a profundidad, las placas se llevaron a incubación a 30°C para levaduras y hongos por 96 horas y 37°C para Bacterias lácticas, mesófilos, enterobacterias y salmonella durante 48 horas. Luego, se realizó recuento de colonias para calcular las unidades formadoras de colonia (UFC), por gramo de muestra en cada uno de los medios (Moreno y Valverde, 2016) (Ecuación 1).

$$\text{Ecuación 1: } UFC/g = \frac{NC * F}{P}$$

UFC/g= Unidades formadoras de colonia por gramo de muestra

NC= Número de colonias por placas

F= Factor de dilución

P= Peso en gramos de la muestra

Posterior a esto, se seleccionaron las colonias con diferenciación morfológica de cada medio para la descripción macroscópica y microscópica como se puede observar en la Tabla 6. (Anexo 4.), y se realizó tinción Gram para determinación de bacterias Gram-positivas y Gram-negativas con cristal violeta durante 1 minuto. Para los hongos y levaduras, se tomó una muestra del moho y se extendió sobre el portaobjeto que contenía la gota azul de lactofenol, se colocó un cubreobjetos y después se observó en el microscopio con los objetivos 10X, 40X, 100X, para realizar la respectiva descripción microscópica de las esporas.

1.8. Activación de microorganismos en el centro penitenciario

La activación de microorganismos se realizó en canecas de 55 galones (220 L) de cierre hermético, a cada una se le realizó una adaptación en la tapa con un tubo PVC de ½”, a la cual se añadió una botella de PET de 330 ml con agua hervida con el fin de atrapar los gases expedidos de la caneca por el metabolismo de los microorganismos como lo indicó Hoyos. Se realizó la pasteurización de 15 kg de melaza, con 10% de agua, a 80°C. Posterior a esto, se ingresaron al centro penitenciario 2 bidones de 20 L cada uno con un tratamiento de microorganismos EM y MM; y un bidón de 20 L con melaza pasteurizada (Figura 5). Se limpiaron las canecas con vinagre de frutas y se dejaron escurrir. Entre tanto, se hirvieron, aproximadamente, 50 L de agua del grifo (sin cloro), con el fin de activar los microorganismos en agua tibia. Posteriormente, se colocó en cada caneca la mitad del agua caliente y se completaron aproximadamente 100 L con agua del grifo. Finalmente se vertieron los tratamientos correspondientes EM y MM, 10 L de melaza pasteurizada en cada caneca como fuente de energía y se completaron los 200 L con agua del grifo, para cerrarla de forma hermética hasta su uso 3 días después.



FIGURA 5. De izquierda a derecha: caneca de 55 galones con adaptación en la tapa, pasteurización de melaza a 80°C e ingreso de las cepas para la activación de microorganismos y activador al centro penitenciario

Fuente. Los autores

1.9. Diseño experimental de los tratamientos propuestos

Una vez se obtuvieron, se realizó la reparación a la compostera una SAC-4500 con capacidad de 2250 kg., en este sistema autónomo se pueden poner 75 kg/día para obtener una producción mensual de 900 kg, aproximadamente, sin generación de olores y lixiviados, según el fabricante Earthgreen (s.f). Los tres compartimentos se aislaron con plástico de alta densidad para evitar la interacción entre ellos y se realizaron los tratamientos teniendo en cuenta las especificaciones dadas por el fabricante, como se observa en la Tabla 1: T1. Microorganismos Eficientes + Materia

Orgánica (EM+MO); T2. Microorganismos de Montaña + Materia Orgánica (MM+MO); y T3. Materia Orgánica sin la aplicación de Microorganismos (MO). La preparación de las mezclas se realizó V/V: tres partes de materia orgánica por una parte de aserrín o viruta (EarthGreen Colombia, 2015), midiendo con un balde de pintura de 20 L. La aplicación de microorganismos se realizó teniendo en cuenta el protocolo, sugerido por Hoyos, de 1 litro de EM diluido en 19 litros de agua, por cada tonelada de materia orgánica a tratar.

TABLA 1. Tratamientos implementados en la compostera SAC 4500

Tratamiento	Composición
T1	Materia Orgánica + aserrín + EM
T2	Materia Orgánica + aserrín + MM
T3	Materia Orgánica + aserrín

Fuente: Los autores

Se realizaron dos réplicas de los tratamientos por etapas; al interior de la compostera, por 30 días cada uno, y durante 15 días en maduración en una habitación sobre plástico aislado del suelo, para evitar su contaminación (Figura 6); a las cuales se realizó seguimiento 3 veces por semana, sacando muestras de 400 gr. y midiendo por triplicado las variables: Temperatura, pH, humedad y CE (Figura 7). La medición de la temperatura se realizó.



FIGURA 6. A la izquierda, la compostera donde se implementaron los tratamientos de compostaje y, a la derecha, compostaje en fase de maduración

Fuente: Los autores

Las muestras de 400 gr se llevaron al laboratorio de ciencias básicas donde se siguieron los protocolos planteados en la NTC 5167. Para pH y CE se pesaron 10 gr de cada sustrato y se trituraron, luego se agregaron 40 ml de agua destilada, para una relación 1:5; y se introdujeron en el agitador magnético, durante 10 minutos para homogeneizar el contenido. Posteriormente, se filtraron con embudo y papel filtro para medir los parámetros (para la primera etapa se enviaron 3 muestras, 3 veces por semana, para medición de CE). Para la determinación de la humedad, se

pesaron 100 gr de cada tratamiento por triplicado y se pusieron en la estufa durante 24 horas a 105°C; luego, se pasaron al desecador por 30 minutos. Por último, se pesaron de nuevo y se aplicó la Ecuación 2.

$$\text{Ecuación 2: \% humedad} = \frac{\text{peso de muestra húmeda} - \text{peso de muestra seca}}{\text{peso de muestra húmeda}} * 100$$



FIGURA 7. De izquierda a derecha, monitoreo de temperatura en la compostera, muestras en estufa para determinación de humedad y homogeneización de muestras en agitador magnético para medir PH y CE.

Fuente: Los autores

1.10. Análisis microbiológico de compostaje para detección de enterobacterias

Al finalizar la segunda etapa, se realizó un análisis microbiológico a las dos etapas, según NTC 5167, para determinar la inocuidad del producto antes de ser aplicado en campo. Se utilizó un medio de cultivo selectivo para la detección de enterobacterias. Además, se tomaron las muestras de los tratamientos T1, T2 y T3 de cada una de las etapas; se realizaron diluciones seriadas inoculando 10 gr cada muestra en 90 ml de agua buferada peptona hasta 10⁻⁹, posteriormente se realizó la siembra en profundidad por duplicado de las series impares (10-1, 10-3, 10-5, 10-7 y 10-9) en agar de VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar) (Himedia, India), se cultivaron durante 48 horas y se seleccionaron las colonias con crecimiento diferenciado en cada placa. Las colonias seleccionadas se sembraron en Agar Nutritivo (Difco TM, Alemania), con la técnica de triple estría, una en cada placa, y se incubaron durante 24 horas a 37°C. Posteriormente se les realizó prueba de oxidasa, agregando una gota del reactivo (dimetil o tetrametil p-fenilendiamina) sobre papel filtro estéril y luego se agregó una parte de la colonia, si en estas se observaba un color azul o violeta se asumió como positiva.

Con cada colonia diferenciada se pasó a la siembra en el medio TSI (Triple Sugar Iron), como lo indica Zeballos et. al. (2017), inoculando las colonias confirmadas en la prueba de oxidasa con la técnica de siembra en picadura y superficie en tubos de ensayo. La presencia de un viraje a color rojo a las 24 horas de incubación indica que la reacción a la fermentación es alcalina (k); y ácida si el cambio de color es amarillo (a), de lo contrario el agar se mantiene sin cambios (Sanchez y Guerrero, 2006).

El agar TSI está compuesto por extracto de carne y pluripeptona, aportan los nutrientes adecuados para el desarrollo bacteriano. La lactosa, sacarosa y glucosa son hidratos de carbono fundamentales. El tiosulfato de sodio es el sustrato necesario para la producción de ácido sulfhídrico, el sulfato de hierro y amonio, es la fuente de iones Fe^{3+} , los cuales combinan con el ácido sulfhídrico y producen sulfuro de hierro, de color negro. El rojo de fenol es el indicador de pH, y el cloruro de sodio mantiene el balance osmótico. El agar es el agente solidificante. Por fermentación de azúcares, se producen ácidos, que se detectan por medio del indicador rojo de fenol, el cual vira al color amarillo en medio ácido. El tiosulfato de sodio se reduce a sulfuro de hidrógeno que reacciona luego con una sal de hierro proporcionando el típico sulfuro de hierro color negro.

Por último al determinarse la presencia de enterobacterias en los tratamientos, se procedió a realizar un proceso de higienización por medio de solarización o pasteurización, introduciendo los sustratos obtenidos del proceso de compostaje en bolsas de polietileno transparentes y colocándolos en la granja de la USCO sede La Plata durante 8 días a exposición solar (Bellatin, 2021).

1.11. Análisis estadístico de los parámetros fisicoquímicos

Finalmente, mediante el uso de STATGRAPHICS Centurion XVIII, herramienta de análisis estadísticos, se analizaron las variables a seguir: humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica. En busca de la existencia o no de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), a través de una Anova simple, donde cada parámetro será considerado como variable de respuesta y, como factor, se consideraron cada uno de los tratamientos propuestos, con un nivel de confianza del 95%.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. Diagnóstico del manejo de los residuos orgánicos en el centro penitenciario

Se realizó el pesaje diario y la caracterización de Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) durante una semana, se calculó una producción media mensual de 720 kg (Figura 8). Estos estaban clasificados en residuos crudos de cocina y residuos de alimentos preparados, los cuales no se cuantificaron porque se disponían para la alimentación de cerdos de ceba en fincas cercanas.



FIGURA 8. Caracterización y cuantificación de RSO

Fuente: Los Autores

Se evidenció que el manejo de los residuos orgánicos se realizaba de forma inadecuada al enterrarlos en fosas realizadas con herramienta de mano por los internos del centro penitenciario como una alternativa de la que tenían conocimiento al no disponerlos en el sistema de recolección municipal debido a su alto costo por la cantidad generada. Por otro lado, las fosas en el perímetro de la granja que representaban un trabajo excesivo para el personal, se encontraban generando situaciones de fango y, en ocasiones, malos olores y presencia de vectores como zancudos y moscas (Figura 9). La compostera que había sido donada por la administración municipal en el periodo anterior, se encontraba en estado de abandono con partes faltantes, y su capacidad de cargamensual de 2.250 kg según las especificaciones técnicas del fabricante estaba apta para el aprovechamiento de todos los residuos orgánicos del centro penitenciario, pero los funcionarios no la utilizaban por falta de conocimiento.



FIGURA 9. A la izquierda una fosa para la disposición de residuos orgánicos llena de agua y a la derecha, una fosa llena de residuos orgánicos y cubierta con suelo.

Fuente: Los autores

2.2. Captura de microorganismos de montaña

En la captura de microorganismos, se observó en el mantillo de bosque húmedo la presencia de macromorfología microbiana en forma de micelios de coloración blanca. Esta selección manual se colocó en condiciones anaeróbicas con melaza pasteurizada como fuente de energía durante 30 días para su reproducción en el laboratorio de ciencias básicas de la USCO sede La Plata en un ambiente fresco (Suchini, 2012). Se pudo apreciar una vez abierta la bolsa, la presencia de micelios color blanco en mayor cantidad, que evidenciaban la reproducción microbiana (Figura 10), con un olor intenso, fermentado, dulce y con características frutales y toques a alcohol.



FIGURA 10. Al lado izquierdo la selección del mantillo de bosque que se coloca en condiciones anaeróbicas y al lado derecho el mantillo 30 días después
Fuente: Los autores

2.3. Activación y seguimiento de plantas de reproducción de microorganismos

Las plantas de microorganismos en fase líquida, presentaron formación de una capa superficial blanquecina, 8 días después de la activación que se observó al realizar el primer cultivo. Lo cual se considera parte del proceso de fermentación según Romo (2021) (Figura 11).



FIGURA 11. De izquierda a derecha, formación de capa blanquecina suspendida en la superficie de los microorganismos en fase líquida y MM respectivamente

Fuente: Los autores

En los muestreos para el monitoreo, los EM presentaban una coloración ámbar caramelo claro y olor a fermento ligeramente ácido dulce. Los MM por su parte presentaron un color ámbar caramelo oscuro un poco más turbio (Figura 12), y con olor a fermento intenso, ácido muy dulce y un poco a alcohol que coincide con los indicadores de calidad expuestos por Suchini (2012), para los productos MM que pueden ser utilizados con confianza.



FIGURA 12. Muestras de los biorreactores al lado izquierdo EM y al lado derecho MM con una semana de activación

Fuente: Los autores

El muestreo para la monitorización del pH de las plantas de microorganismos se realizó durante 100 días, con el fin de garantizar parámetros aceptables durante su aplicación. Para MM Su comportamiento estuvo entre 4,18 y 3,45 con una desviación estándar de: 0,24 y para ME entre 3,85 3,45 con una desviación estándar de: 0,16 (Figura 13), lo cual indica que hay una considerable estabilidad en el transcurso del tiempo y están dentro de los límites aceptables, ya que según Cruz (2010) el pH óptimo para la reproducción de microorganismos eficientes es de 3,5. Entendiendo que la acidificación de los medios se debe a la presencia de *Lactobacillus* o Bacterias Acido Lácticas que generan como desecho metabólico ácido láctico, cuya labor es eliminar microorganismos antagónicos (Ramos, 2016).

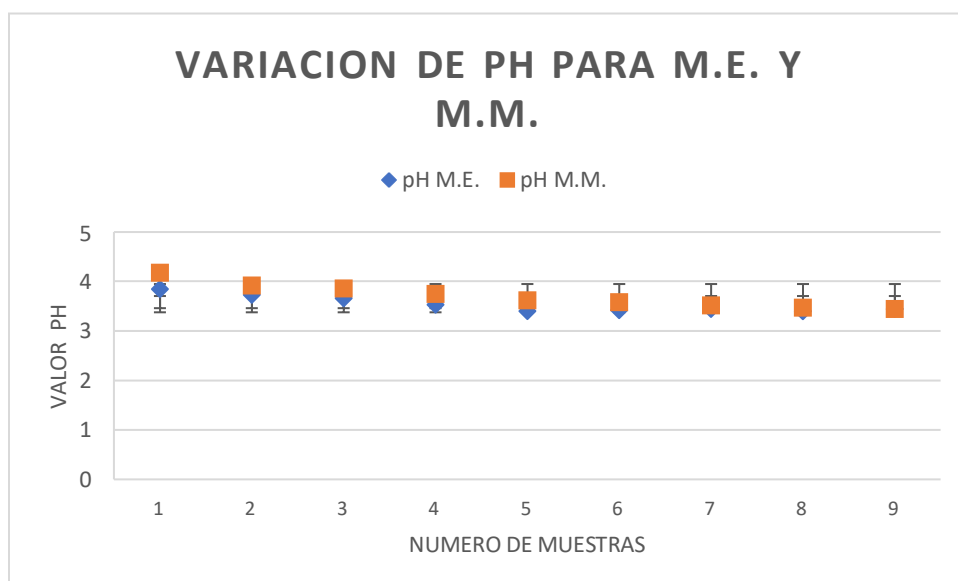


FIGURA 13. Comportamiento del pH de las plantas de microorganismos en intervalos de 10 días

Fuente: Los autores

2.4. Análisis morfológico de colonias

En la Tabla 2, se presenta el conteo de colonias. Se observa que en los agares MRS para BAL y *Lactobacillus* y PDA para hongos y levaduras, se presenta mayor crecimiento en los Microorganismos de Montaña, mientras que los Microorganismos Eficientes presentan una pequeña diferencia a favor en la cantidad de microorganismos mesófilos; solo se presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) para los microorganismos que crecieron en PDA, posiblemente levaduras. También se analizaron los medios XLD para salmonella y coliformes y VRBG para potenciales enterobacterias. Esto con el fin de buscar bacterias que se hospedan en el tracto digestivo de los animales y humanos, que, aunque no siempre causan daño, pueden convertirse en oportunistas o patógenos y causar enfermedades a los humanos (Linton y Hilton, 1988). En este caso, para ambos tratamientos fue ausente, lo que los hacen inocuos para su posterior aplicación.

TABLA 2. Conteo de colonias a las 48 horas para bacterias y a las 96 horas para hongos y levaduras en una dilución de 10^{-8}

Medio de cultivo	EM (Log UFC/g)	MM (Log UFC/g)
MRS	9,47+/- 0,89	10,10+/- 1,27
PCA	10,31+/- 0,69	10,20+/- 0,70
PDA	9.63+/- 0,67	10,85+/- 0,83
XLD	AUSENTE	AUSENTE
VRBG	AUSENTE	AUSENTE

Fuente: Los autores

En la Figura 14 (Ver Anexo 1), se observan las placas de Petri con el crecimiento de colonias en los medios selectivos durante el conteo: MRS para *lactobacilos*, PCA para mesófilos, PDA para hongos y levaduras, VRBG para enterobacterias y XLD para salmonella. Así mismo en la Tabla 3. Se describen las colonias seleccionadas por su diferenciación morfológica durante el cultivo y la diferenciación microscópica al realizar las observaciones en el microscopio con tinción de Gram.

Es importante resaltar que las poblaciones microbianas observadas son sólo una representación de la biodiversidad real presente en las muestras de E.M. y M.M.

, correspondiendo a viables cultivables, ya que muchas especies no se pueden reproducir bajo condiciones de laboratorio (no cultivables), pero permiten plantear un punto de partida para observar las poblaciones microbianas en su estado natural en el bosque. Para esto, es más efectiva la realización de análisis genéticos de metagenoma, con el fin de conocer la carga biológica y el papel de cada especie en la degradación de materia orgánica o funciones específicas en el suelo. (Cruz, 2010).

En la Figura 15. (Ver Anexo 3), se pueden observar algunos de los microorganismos seleccionados para la visualización en el microscopio, que en su mayoría fueron formas bacilares y cocobacilares gram positivas. Por su parte, García (2013), determina que existe gran diversidad de géneros de bacilos gram positivos y *Lactobacillus* en muestras de Microorganismos Eficientes tomadas de mantillo de bosque. Así mismo Cruz (2010), menciona el alcance que puede tener la presencia de las bacterias ácido lácticas al suprimir enfermedades, incluyendo microorganismos como *Fusarium* y nemátodos, que generan enfermedades de importancia económica en cultivos, además de ayudar a solubilizar la cal y el fosfato de roca induciendo un mejor ambiente de crecimiento para las plantas.

Adicionalmente, se visualizó la morfología de algunas levaduras y hongos miceliales en las muestras analizadas, como lo muestran los resultados obtenidos por Moreno et. al, 2016 en su cultivo de microorga estos microorganismos son responsables de la degradación de proteínas complejas y carbohidratos produciendo sustancias bioactivas que pueden promover el crecimiento y actividad de otras especies, así como de plantas superiores. La investigación realizada por Garcia et.al, 2013 demuestra que también fueron observados hongos miceliales y levaduras que son importantes en la degradación de la materia orgánica y por tanto, en las composiciones microbianas y Cruz, 2010 coincide con la visualización de posible *Penicillium sp.* hongo saprófito que crece sólo en materia orgánica en procesos fermentativos considerado patógeno para algunos cultivos, pero que según Flores et, al. 2014, cumple un papel importante como solubilizador de fosfatos mediante la producción de ácidos orgánicos, quelación de iones metálicos y producción de enzimas demostrando su capacidad de biofertilizante.

Con estos resultados se refleja el equilibrio de la microbiota de los ecosistemas, y fortalece la idea de que los MM son considerados un producto que respeta la composición y armonía de los agroecosistemas, siempre y cuando se realice su aplicación en la misma región en donde son colectados, buscando realizar procesos de bioaumentación que incrementan la competencia con patógenos actuando como controladores biológicos (Pacheco, s.f.).

2.5. Seguimiento de parámetros fisicoquímicos en el proceso de compostaje

A continuación, se presentan los resultados de las etapas del proceso de evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos realizados al compost obtenido. En las Figuras 16, 17, 18 y 19 de los comportamientos de las variables: humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica, respectivamente.

2.5.1. Humedad

La humedad inicial de los tratamientos estuvo entre el 63,8% y 67,6%, teniendo en cuenta que la mezcla se realizó según los criterios técnicos para la producción de compost en la compostera SAC4500 (EarthGreen Colombia SAS, 2016). Entre los días 10 y el 33, la humedad estuvo entre el 40% y 60% (Figura 16) lo que, según Bohórquez Páez (2013), es lo indicado para los residuos a compostar; debido a que garantiza la supervivencia de los microorganismos, aportando el agua necesaria para sus procesos metabólicos. Las lecturas de Humedad final obtenida T1: 25,61%, T2: 28,50% y T3: 28,63%. Si se comparan con la NTC 5167 (Icontec) para enmiendas orgánicas, que establece que la humedad debe estar en un máximo de 20-35%, el resultado cumple con la norma; por tanto, los compost obtenidos son aptos para uso agrícola.

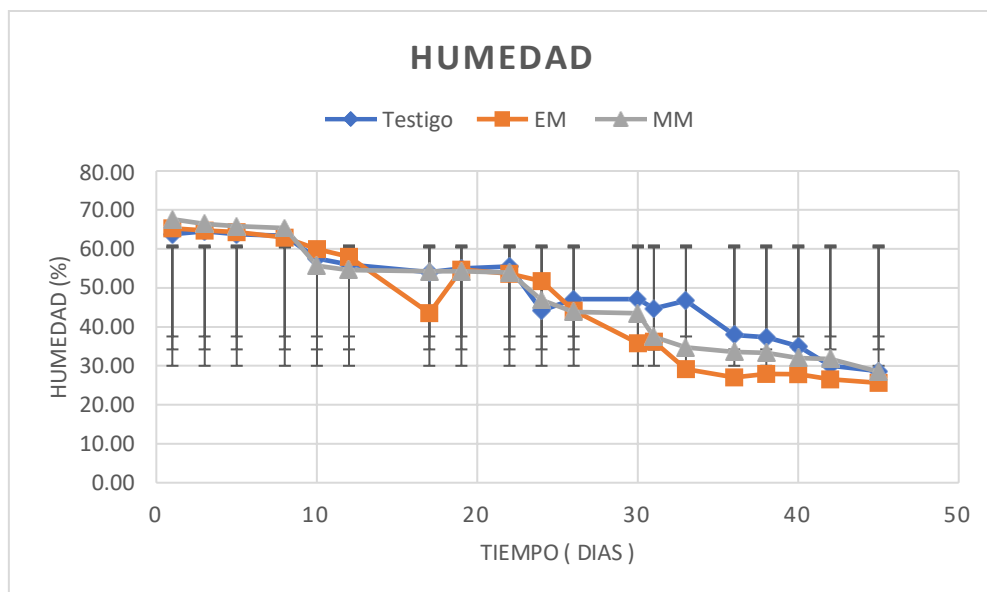


FIGURA 16. Variación de Humedad
Fuente: Los autores

Al realizar análisis de varianza ANOVA, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza. La Figura 16. también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 2, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

2.5.2. TEMPERATURA

Según las etapas de compostaje descritas por FAO (2013), el tratamiento con MM fue el primero en iniciar su fase termófila, el día 3, con 53.75°C; luego el tratamiento con EM presentó 49.67°C; y, finalmente, el testigo con 41.00°C. Indicandonos que en el proceso donde se utilizó MM habría mayor actividad microbiana, lo que facilitó la degradación de celulosa y lignina; ya que los M.M. ofrecen mayor adaptabilidad. Las altas temperaturas de los tratamientos nos indican que se llegó al pico de la etapa termófila el día 10, primero con el tratamiento T2 obteniendo 58.83°C; seguido por T1 con 58.33°C; y, el día 12, el T3 con 57.25°C. Estas temperaturas mayores a 35°C, pero queno superen los 70°C, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor su higienización (Román, Martinez y Pantoja, 2013). (Figura 17).

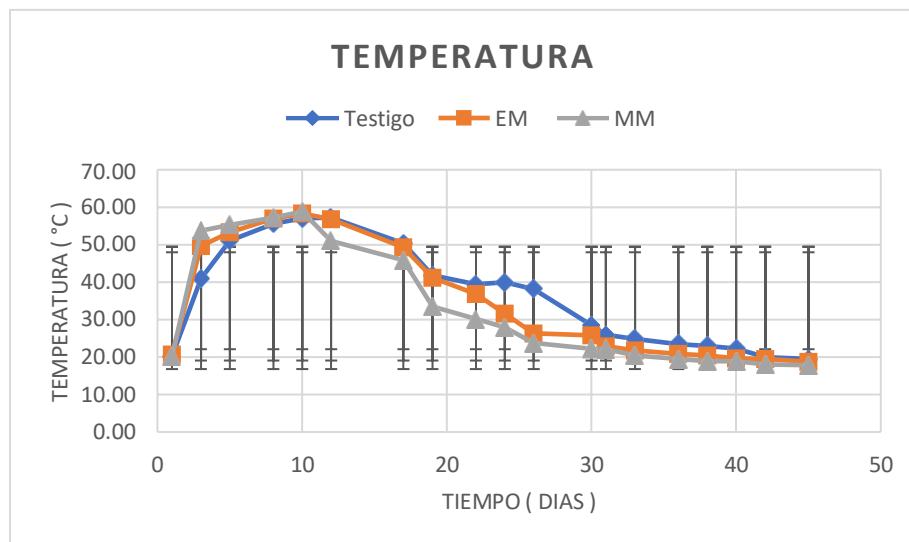


FIGURA 17. Variación de la Temperatura
Fuente: Los autores.

Al realizar el análisis de varianza ANOVA, se puede observar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.

2.5.3. PH

Mediante el seguimiento del pH se pudo obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla; teniendo en cuenta que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH (Moreno y Moral, 2008). Según Arenas (2017) cuando se inicia el enfriamiento, el pH llega a un valor entre 7 – 8, ideal en el compost maduro. El pH final de los tratamientos fue de 8,27 para T3; 7,36 para T1 y 7,43 para T2 (Figura 18). Esto indica que las mezclas mantuvieron una aireación adecuada durante el proceso. La NTC 5167 para enmiendas orgánicas establece que debe ser mayor a 5; por lo tanto, los compost obtenidos cumplen con la norma y son aptos para uso agrícola.

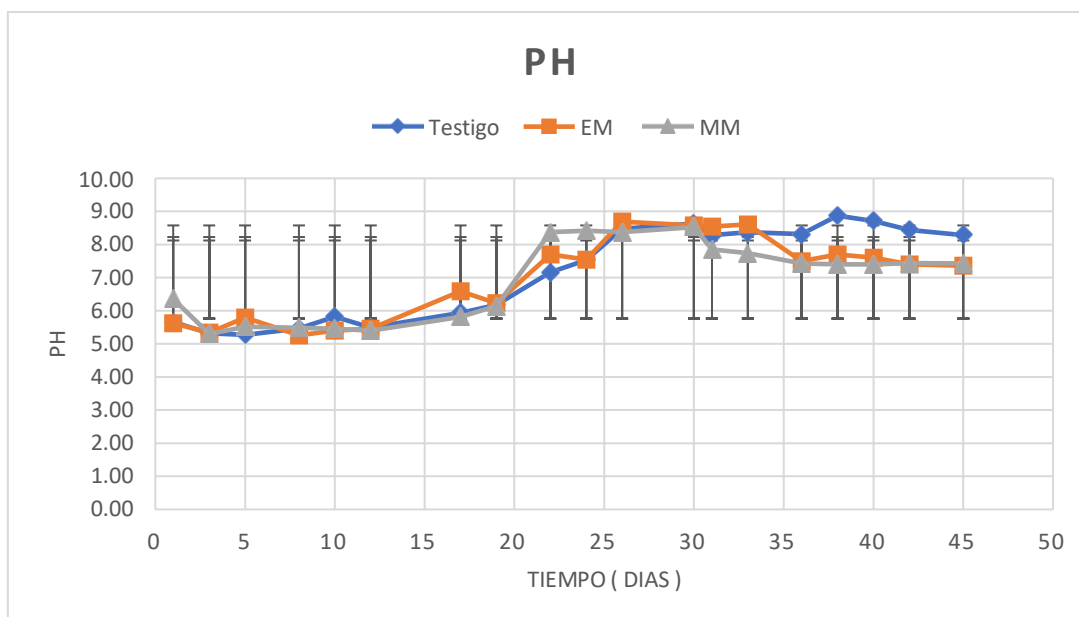


FIGURA 18. Seguimiento del pH en los tratamientos propuestos.
Fuente: Los autores

Al realizar el análisis de varianza ANOVA se observa que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza. La Tabla 4 (Anexo 2.), también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indicando una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas, al 5% de nivel de significación.

2.5.4. CONDUCTIVIDAD (CE)

Finalmente, según Sánchez (2001), la conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente, por su concentración de sales y, en menor grado, por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso. Los 3 tratamientos presentaron aumento de la CE, pero no presentaron diferencias significativas y su aumento estaría relacionado con la mineralización de los compuestos. Así, fue mayor en T2, el cual varió en un rango de 1.79 a 3.95, como lo muestra la Figura 19.

Moreno y Moral (2008) explican que la conductividad eléctrica es un indicador de la presencia de sales solubles en el compost. De igual manera, los altos niveles de sales pueden repercutir sobre la germinación de semillas y en el desarrollo general del cultivo, dependiendo de la tolerancia de los cultivos y del tipo de suelo a ser fertilizado. Moreno y Moral también plantean que para el cultivo de plantas se establecen como valores máximos de la conductividad eléctrica de 2 mS/cm para los sustratos destinados a plántulas y de 3.5 mS/cm para los sustratos dedicados al cultivo de plantas adultas en general. Estos valores de conductividad suelen ser superados en la mayoría de los casos por compost de diferentes procedencias. Además la presencia de sales en exceso puede afectar la mineralización de la materia orgánica y específicamente la nitrificación, teniendo en cuenta que esta se incrementa a medida que aumenta la dosis de compost (Figura 19).

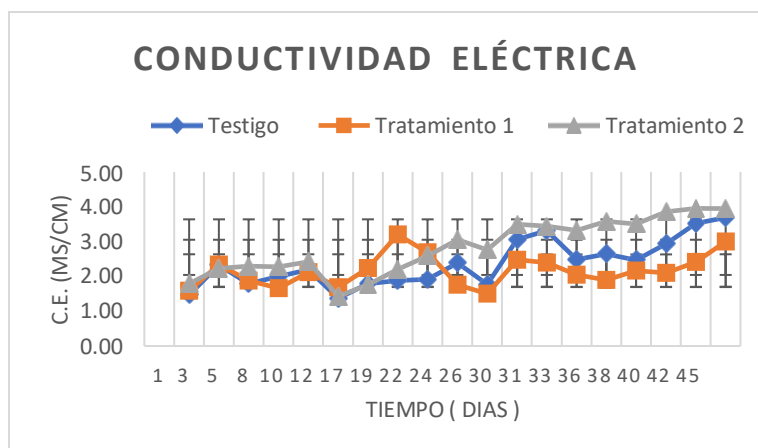


FIGURA 19. Variación de la conductividad eléctrica
Fuente: Los autores

El análisis de la varianza ANOVA indica una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación. Además de una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95,0% de confianza.

2.6. Análisis microbiológico del compost para la detección de enterobacterias

En la Tabla 3. se observa el conteo de enterobacterias presentes en los sustratos producto del proceso de compostaje al interior de la compostera SAC 4500, teniendo en cuenta que se realizaron 2 réplicas o etapas y 3 tratamientos T1: Compost con ME, T2: Compost con MM y T3: Testigo. Según la NTC 5167 los límites permisibles para enterobacterias en compost son menos de 1×10^3 UFC/g de muestra, es decir ninguno de los compost obtenidos cumple con la normatividad vigente. Según FAO, 2013. se debe tener especial cuidado con el uso de aguas contaminadas, la higiene de las personas o herramientas que manipulan el compost y la recontaminación de los sustratos debido a la adición de materia orgánica fresca después de la etapa termófila, pues esto potencializa la presencia de patógenos en el producto final. Es importante garantizar el incremento de la temperatura de los materiales compostados, teniendo en cuenta parámetros como humedad, aireación y tamaño de la partícula para aumentar la actividad microbiana necesaria para subir la temperatura ya que esta tiende a ser mayor en el interior que en el exterior de la pila de compost.

TABLA 3. Conteo enterobacterias a 48H de siembra en agar VRBG. T1: Con ME, T2: MM y T3: Testigo

Etapa (E)- Tratamiento (T)	(Log UFC/g)
E1-T1	7,22+/-0,47
E1-T2	6,49+/-1.28

E1-T3	8,46+/- 0,98
E2-T1	6,61+/-0
E2-T2	8,39+/-0,95
E2-T3	9,30+/-1,30

Fuente: Los autores

En el cultivo realizado en el medio VRBG se observó generación de gas lo que provocó el desprendimiento del agar en algunos casos de las placas petri (Figura 20), las colonias con crecimiento diferenciado fueron descritas en la Tabla 4. (Ver Anexo 4). y aisladas en Agar nutritivo para su la confirmación en TSI agar donde se observó la fermentación de azúcares.

Al finalizar la evaluación se confirmó que las colonias aisladas en su mayoría fermentaron glucosa en todos los tratamientos, característica de las enterobacterias. El análisis se realizó teniendo en cuenta que la fermentación de los carbohidratos incorporados, producen ácidos, que se detectan por medio del indicador rojo de fenol (glucosa), el cual vira al color amarillo en medio ácido. (Moreno et, al. 2016).



FIGURA 20. A la derecha cultivo de enterobacterias en agar VRBG, a la izquierda prueba de confirmación de colonias seleccionadas en agar TSI.

Fuente: Los autores

Teniendo en cuenta que este parámetro no es óptimo para la aplicación del compostaje en cultivos según NTC 5167, se optó por realizar un proceso de solarización ya que según Bellatin (2021), es posible minimizar los riesgos biológicos pasteurizando los sustratos a 70°C para eliminar enterobacterias, ya que los alimentos pueden contaminarse por acción de agentes biológicos y ser el origen de las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA). El mismo autor menciona que la radiación infrarroja es biocida, por lo cual se aprovecha para procesos llamados fototérmicos como es el caso de la solarización de sustratos. Debido a esto se colocaron los sustratos obtenidos en bolsas de polipropileno transparentes selladas en la Granja de la USCO sede La Plata en época de verano durante un lapso de 8 días buscando su higienización, aunque no se alcanzará los 70°C por este medio.

En la Tabla 5. se presenta la evolución de todos los parámetros evaluados del proceso de compostaje realizado por parte de diferentes microorganismos, en donde se comparó cada parámetro fisicoquímico según el tratamiento utilizado. Aquí se evidenció que tanto T1 como T2 tuvieron resultados similares en todos los parámetros evaluados, lo que significa que los MM al ser aplicados en condiciones óptimas no tiene diferencias estadísticamente significativas en comparación a los ME, teniendo como principal característica su resistencia superior, atribuible a su origen nativo, lo que le asegura su aceptabilidad en el medio.

TABLA 5. Comparativo del comportamiento de los parámetros fisicoquímicos según T1, T2 y T3 durante el proceso de compostaje.

Parámetro	TRATAMIENTOS		
	EM	MM	TESTIGO
%H	45,19 ± 15,17 ^a	47,55 ± 13,34 ^a	49,07 ± 11,53 ^a
T	34,25 ± 15,17 ^a	32,39 ± 15,59 ^a	35,78 ± 13,69 ^a
pH	6,99 ± 1,23 ^a	6,94 ± 1,18 ^a	7,17 ± 1,40 ^a
CE	1,72 ± 0,33 ^a	2,14 ± 0,62 ^b	1,99 ± 0,50 ^a

Letras diferentes letras en la misma fila indican cambios estadísticamente significativos ($P < 0,05$); $\bar{x} \pm s$

Fuente: Los autores

Los Resultados demuestran, que aunque la aplicación de dichos inóculos favorece al aumento en la calidad del compost obtenido con parámetros aceptables seguir los criterios de la norma, disminuye el tiempo de degradación, contaminación de agentes patógenos y ofrece una variedad de usos en la agricultura en la búsqueda de la eficiencia en procesos de compostaje los más importante incluso que la inoculación de consorcios microbianos es el control de las variables físicas y químicas cuidando el comportamiento ideal de cada curva en las respectivas etapas de compostaje estimulando y favoreciendo el metabolismo y crecimiento de las comunidades de microorganismos autóctonas de los materiales a compostar.

3. CONCLUSIONES

A la hora de buscar opciones asequibles para realizar compostaje de residuos sólidos orgánicos urbanos, es viable optar por el protocolo de captura y reproducción tradicional de microorganismos de montaña M.M., como un eficiente inóculo acelerador del proceso. Estos presentan muy buena adaptabilidad y aceleran las etapas de compostaje. Además, evidencian un buen manejo de vectores y estabilizan el producto final, puesto que en relación al T3, el contenido nutricional fue menor.

El comportamiento de la humedad en los tratamientos fue el ideal en las distintas etapas de compostaje y no presentó diferencias significativas debido a que el proceso se realizó en compostera o recinto cerrado. Respecto a la calidad del compost, la humedad final fue óptima para el uso agrícola.

En los T1 y T2 se evidenció un aumento de la temperatura inicial, acelerado en la fase termófila. También se presentó un descenso de la temperatura, comparado con el testigo, debido a la

inoculación de microorganismos que aceleraban los procesos de degradación. La temperatura promedio no presentó diferencias significativas y estuvo en los valores aceptables según cada etapa del proceso de compostaje.

La CE en el tratamiento con microorganismos de montaña M.M presentó valores mayores durante todo el proceso, seguida por el testigo y el tratamiento con los microorganismos eficientes E.M., la cual varió en rangos admisibles como consecuencia de la mineralización de los elementos.

El pH en los distintos tratamientos no presentó diferencias significativas y sus valores estuvieron en los rangos admitidos para uso agrícola.

Respecto a la calidad del compost obtenido, el tratamiento con microorganismos de montaña M.M. presentó un buen resultado en pH, y CC. Además, la granulometría y madurez fue mejor que en los demás tratamientos. Durante los procesos de compostaje el tratamiento con M.M evidenció la aceleración de las etapas de compostaje, lo que supone un aumento del metabolismo de los microorganismos descomponedores.

Se concluye que el empleo de microorganismos promotores de vida (probióticos) son una opción para controlar vectores en procesos de compostaje que mejoran la calidad del suelo y evitan el deterioro de los ecosistemas agrícolas. El uso de la técnica de captura de microorganismos de montaña es factible para ser utilizada por los productores agropecuarios como manejo económico y rentable de la producción; sin embargo, no debe ser utilizado como un sustituto de la fertilización o de enmiendas.

Se recomienda para investigaciones futuras contar con tiempo suficiente para el proceso de captura y reproducción de los microorganismos, así como para evaluarlos, compararlos y poder aplicarlos con mayor eficiencia. No se realizaron los procesos por limitaciones de las dinámicas del centro penitenciario y de recursos para abarcar más información que permita cumplir las tres etapas del proceso.

4. REFERENCIAS

Acosta Almánzar, H. A. (2012). Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Recuperado de: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A10810e/A10810e.pdf>

Acosta Carrión, W., & Peralta Franco, M. I. (2015). Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá. Programa de zootecnia. Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia: Universidad de Cundinamarca. Recuperado de: <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1234/ELABORACION%20DE%20ABONOS%20ORGANICOS%20A%20PARTIR%20DEL%20COMPOSTAJE%20DE%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Andrango, R. (2012). Manual del Huerto Familiar con enfoque Biointensivo. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4191/1/01.pdf>

Bellatin Foronda, I. S. (2021). Cinética de la inactivación de enterobacterias en biol por efecto de la radiación solar y oxígeno atmosférico. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5151/bellatin-foronda-israel-sebastiane.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Campo Martínez, M. d., Acosta Sánchez, R. L., Morales Velasco, S., & Prado, F. A. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n1/v12n1a10.pdf>

Comando Suluda, A. I. (2016). Optimización del compostaje de residuos sólidos urbanos en proceso de serie Anaerobio- aerobio. Tesis doctoral. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de: http://oa.upm.es/433/1/ANTONIO_INACIO_COMANDO_SULUDA.pdf

Comando, A. (2006). *Optimización del Compostaje de Residuos sólidos urbanos en proceso de serie Anaerobio-aerobio* (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Departamento de Ordenación del Territorio Urbanístico y Medio Ambiente. Cátedra de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Madrid: España:(sn)). Recuperado de: <http://oa.upm.es/433/>

CONPES 3874, C. N. (2016). Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Bogotá: DNP. Recuperado de: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf>

Cotacallapa Sucapuca, M. R., Huanatico Suarez, E., Jorge Rojas, B., Condezo Hoyos, L. A., Vilca Curo, R., Coaguila Gonza, M. M., & Condori Menodoza, G. S. (2020). Aprovechamiento de los residuos industriales vitivinícolas para la obtención de etanol y compost. Recuperado de: <https://repositorio.unam.edu.pe/bitstream/handle/UNAM/106/21012020131626048.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cuellar, N. A. (2017). Rehabilitación del Suelo Agrícola con compostaje. Colombia: Grupo Latino Editores S.A.S. Recuperado de: <https://libreriacientifica.com.co/product/rehabilitacion-del-suelo-agricola-con-compostaje-x-1-tomo/>

Cruz Mora, N. (2010). Aprovechamiento y manejo de residuos orgánicos de cocina utilizando microorganismos eficientes de montaña (MEM) aislados de bosques secundarios de Costa Rica, Recuperado de: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2867/Informe_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Défaz Visuete, G. C., & Gualoto Simbaña, H. A. (2020). *Evaluación de la eficiencia de tres activadores biológicos aplicados a pilas de compostaje ubicadas en San Francisco de Cruz Loma* (Bachelor's thesis, Quito, 2020). Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20668/1/CD%2010170.pdf>

Del Canto, E., & Silva, A. S. (2013). Metodología cuantitativa: abordaje desde la complementariedad en ciencias sociales. *Revista de Ciencias Sociales*, (141).

Echeverri, S. M. P. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista lasallista de investigación*, 1(1), 56-65. Recuperado de: https://www.redalyc.org/pdf/695/Resumenes/Resumen_69511009_1.pdf

EMSERPLA E.S.P. (2019). Plan de Gestión Integral de Residuos sólidos 2019. Plan de Gestión Integral de Residuos sólidos 2019. La Plata, Huila, Colombia: Alcaldía Municipal La Plata Huila. Recuperado de: https://www.emserpla.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/PGIR-ACTUALIZADO_2017.pdf

FAO. (2013). Manual del compostaje del agricultor. Santiago de Chile: FAO. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>

Flores Gallegos, A.C., Veana Hernandez, F. & Rodríguez Herrera, R (2014). Penicillium como solubilizador de fosfatos. MX. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Carolina-Flores-15/publication/274638201_Penicillium_como_solubilizador_de_fosfato/links/55cfd5d908ae6a881385ddd6/Penicillium-como-solubilizador-de-fosfato.pdf

García Zapata, L.C., (2013). Microorganismos eficientes del suelo. Caldas, Colombia. Recuperado de: <https://microindustrialasalle.wordpress.com/>

Gobernación del Huila. (2014). Plan de Cambio Climático 2050 Preparándose para el cambio climático. Neiva: Editorial Gente Nueva SAS. Recuperado de: https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/aproximacion_al_territorio/PICC_HUILA-ilovepdf-compressed.pdf

Jaramillo Henao, G., & Zapata Márquez, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Monografía para optar por el título de Especialista en gestión ambiental. Medellín, Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado de: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Lara Yucta, K. L. (2018). *Evaluación del comportamiento de los microorganismos eficientes para acelerar la transformación de los desechos sólidos orgánicos originados en el Mercado San Alfonso-Riobamba* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8929/1/236T0329.pdf>

Loayza, R. & Gallegos, R. (2020). Efecto del uso de tres tipos de aceleradores biológicos en el compostaje de residuos orgánicos de mercados, parques y jardines de Arequipa.: ÑAWPARISUN-Revista de Investigación Científica,3(1),23-36. Recuperado de: <http://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/124> DOI: <https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.124>

López Mejía, X., Cuenca Tinoco, K., & Quinaluisa Narváez, D. (2013). Evaluación de dos sistemas de compostaje con la acción de microorganismos para el manejo de desechos orgánicos de la planta agroindustrial UTE sede santo domingo. *Tsafiqui - Revista Científica En Ciencias Sociales*, 4(4), 41-49. <https://doi.org/10.29019/tsafiqui.v0i4.259>

Mau, S., Vega, K., & Sánchez, M. (2012). Aislamiento de bacterias del suelo y su potencial utilización en sistemas de tratamiento de aguas residuales. Costa Rica: Revista de ciencias ambientales Tropical Journal of Environmental Sciences. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5536186.pdf>

Méndez Ríos, P. C. (2019). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) como aceleradores de compostaje para la producción de cultivos aromáticos. Recuperado de: <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1057&context=biologia>

Mendoza Juárez, M. A. (2014). Propuesta de compostaje de los residuos vegetales generados en la Universidad de Piura. Recuperado de: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1728/ING_515.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Min. Vivienda, ciudad y territorio. (2013). Decreto 2981 de 2013. Bogotá. Recuperado de: <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1505864>

Moral, R., & Moreno, J. (2008). Compostaje. Madrid: Ediciones Mundi-prensa. Recuperado de: [https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=APuzwas6rrcC&oi=fnd&pg=PA4&dq=Moral,+R.,+%26+Moreno,+J.+\(2007\).+Compostaje.+Madrid:+Ediciones+Mundi-prensa&ots=BSOtI-msW9&sig=oEAuJIHLZ8_hmcsPkV0vTP3bgeI#v=onepage&q=Moral%2C%20R.%2C%20%26%20Moreno%2C%20J.%20\(2007\).%20Compostaje.%20Madrid%3A%20Ediciones%20Mundi-prensa&f=false](https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=APuzwas6rrcC&oi=fnd&pg=PA4&dq=Moral,+R.,+%26+Moreno,+J.+(2007).+Compostaje.+Madrid:+Ediciones+Mundi-prensa&ots=BSOtI-msW9&sig=oEAuJIHLZ8_hmcsPkV0vTP3bgeI#v=onepage&q=Moral%2C%20R.%2C%20%26%20Moreno%2C%20J.%20(2007).%20Compostaje.%20Madrid%3A%20Ediciones%20Mundi-prensa&f=false)

Morales Muñoz, A. (2008). Formulación para el plan de gestión integral de residuos sólidos establecimiento penitenciario de mediana seguridad y carcelario de Bucaramanga. Recuperado de: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/223/digital_16453.pdf

Moreno Lopez, J. & Valverde Escobar, K. (2016). Aislamiento, caracterización y usos potenciales de microorganismos de tierra de montaña y subtrópico durante el periodo 2016. Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6276/1/236T0245.pdf>

Niño Céspedes, C. E. (2017). Cátedra ambiental, Residuos sólidos... recursos para la vida. La Plata: CAM (Proceso de publicación). Recuperado de: https://www.cam.gov.co/images/Documentos/Informe_de_gestion/CAPITULO1-EJECUCION_PROG-PROY.pdf

Pacheco, F. (sf). LACTOFERMENTOS. Una alternativa en la producción de abonos orgánicos líquidos fermentados. *Instituto nacional de aprendizaje Llave del progreso INAO, Costa Rica*. Recuperado de: <https://docplayer.es/14230481-Lactofermentos-una-alternativa-en-la-produccion-de-abonos-organicos-liquidos-fermentados.html>

Perú, M. d. (2018). Guía de la caracterización de residuos sólidos. OPS, 7. Recuperado de: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per186738anx.pdf>

Ramos Flores, L.M. (2016). Caracterización físico-química del biofertilizante Microorganismos de Montaña (MM) para la Finca Agroecológica Santa Inés, Zamorano, Honduras. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5745/1/IAD-2016-T037.pdf>

Rodríguez Calampa, N., & Tafur Torres, Z. (2014). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica. Perú: Congreso Nacional de Investigación (CONACIN) "Producción y visibilidad científica." Recuperado de: https://estaticos.qdq.com/swdata/files/950/950904418/CIn_3256.pdf

Rodríguez Salinas, M. A., & Córdoba Vázquez, A. (2006). Manual de compostaje municipal. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales MX. Recuperado de: <http://www.resol.com.br/cartilha5/Manual%20de%20Compostaje-SERMANAT-Mexico.pdf>

Romo Franco, D. (2021). Caracterización y evaluación de probióticos de microorganismos de montaña reproducidos artesanalmente en Aguascalientes. MX. Recuperado de: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11317/2140/454322.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sepúlveda, L., & Alvarado, J. (2013). Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. *Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín, Colombia*. Recuperado de: <http://www.earthgreen.com.co/descargas/manual-compostaje.pdf>

Suchini Ramírez, J.G. (2012). Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región de Trifinio. *Manual Técnico 104. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica*. Recuperado de: <http://www.sidalc.net/repdoc/A10933e/A10933e.pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015). Informe Final 2015 de disposición final de residuos sólidos. Bogotá. Recuperado de: <https://www.superservicios.gov.co/publicaciones/acueducto-alcantarillado-y-aseo/disposicion-final-de-residuos-solidos-informe-0>

Tencio, R. (2012). Reproducción y aplicación de los microorganismos de montaña (MM) en la actividad agrícola y pecuaria. Costa Rica: Imprenta Nacional Costa Rica. Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1847.pdf>

Umaña, S. (2017). Ingeniería Ecológica: Efecto Del Uso De Microorganismos De Montaña (Mm) Sobre El Suelo Con Base A Dos Cultivos Agrícolas. Costa Rica: Escuela de ingeniería de Biosistemas- Universidad de Costa Rica. Recuperado de: <https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/06/Tesis-SтивенUmana.pdf>

Zeballos Heredia, M.F. (2017). Caracterización de microorganismos de montaña (MM) en biofertilizantes artesanales. Honduras. Recuperado de: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6199/1/IAD-2017-049.pdf>

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultorexperiencias en américa latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

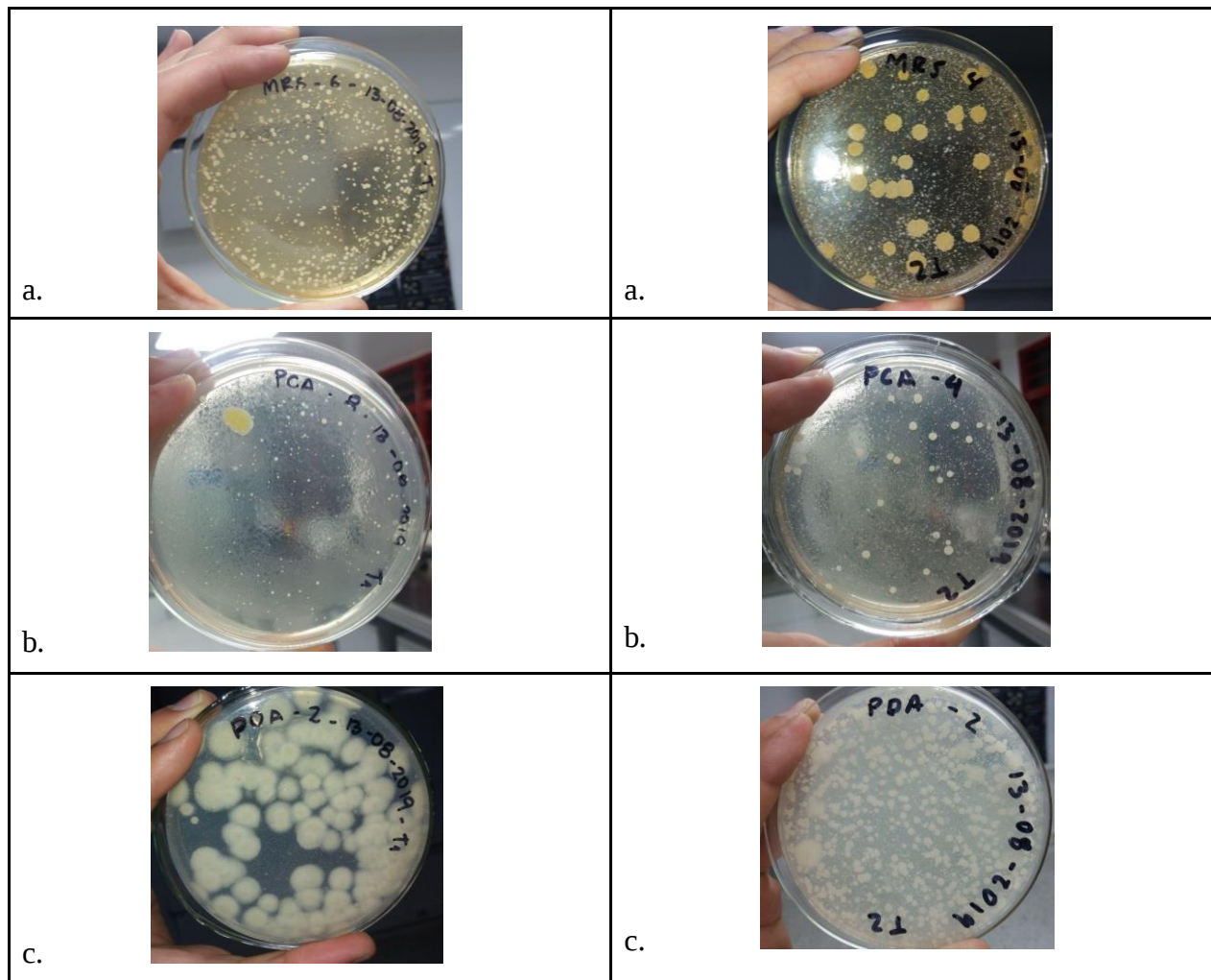
Sánchez, C. C., & Guerrero, G. C. (2006). Procedimientos en microbiología clínica. Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.

EarthGreen Colombia (2015, 08 de mayo). *Manual Usuario Sistemas de Compostaje EARTHGREEN SAC 1500 a 4500* [Video]. <https://www.youtube.com/watch?v=b1GdaPh4x1k>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) (2011). Norma Técnica Colombiana [NTC] 5167. <https://es.scribd.com/doc/138627365/NTC-5167-Apartes1-1-Norma-Para-Abonos-Organicos-y-Fertilizantes#:~:text=OBJETO%20Esta%20norma%20tiene%20por,y%20como%20enmiendas%20de%20suelo.>

5. ANEXOS

5.1 Anexo 1.



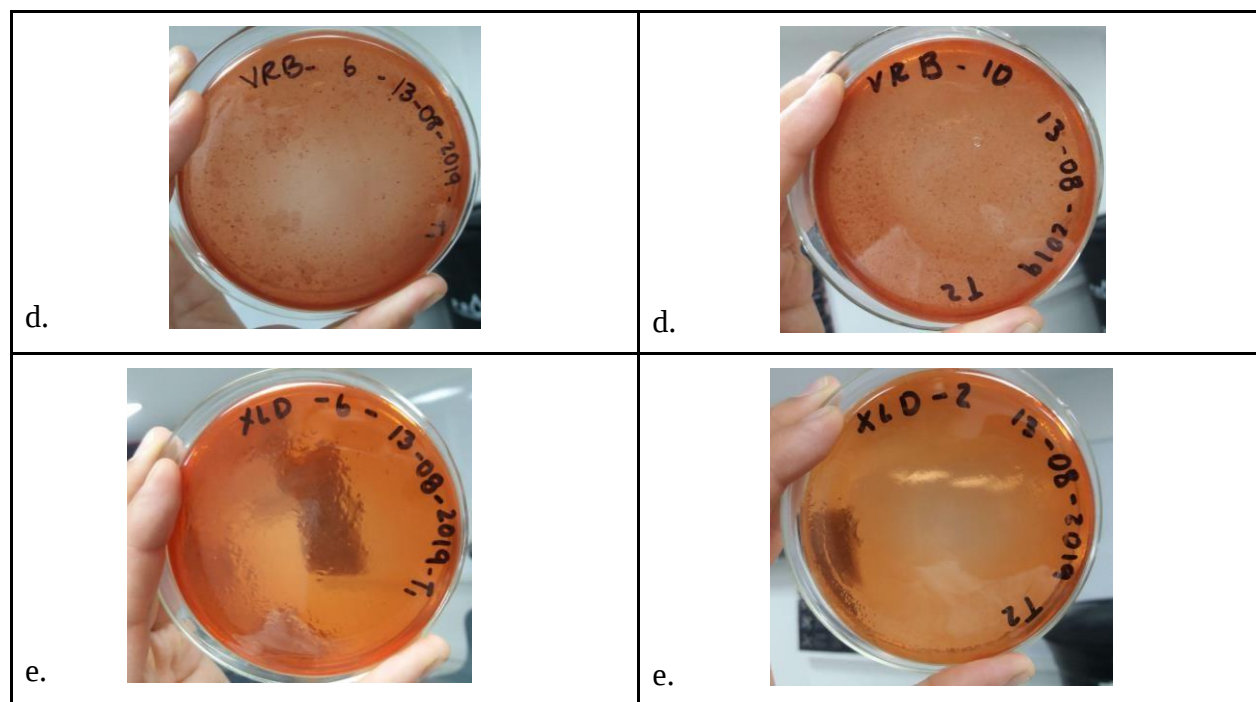


FIGURA 14. Análisis macromorfológico de colonias de ME (izquierda) T1 y MM (derecha) T2. El orden de los medios es el siguiente: a. MRS para acidolácticas, b. PCA para mesófilos, c. PDA para hongos y levaduras, d. VRB para enterobacterias y e. XLD para salmonella y coliformes.

Fuente: Los autores

5.2. Anexo 2.

TABLA 4. Descripción macromorfológica y micromorfológica de las colonias seleccionadas.

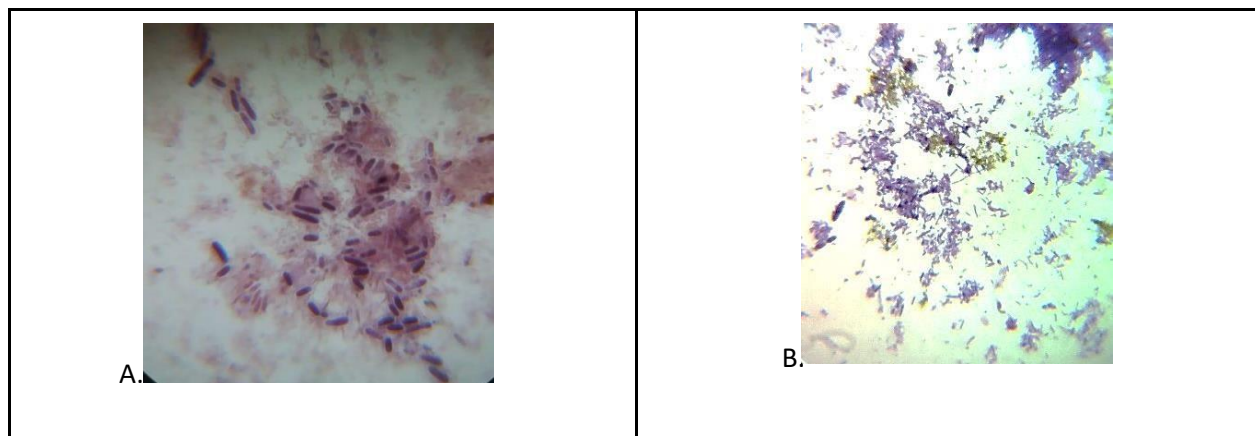
Tratamiento	Medio selectivo	Macromorfología	Micromorfología
T1	MRS	B: Puntiforme color blanco lechoso T: Puntiforme blanco brillante con bordes irregulares	Formas bacilares cortas y largas que pareciera que están en cadena gram ⁺
T2	MRS	B: Circular blanco traslúcido T: Circular blanco lechoso con superficie brillante	Formación en cadena de bacilos con extremos planos gram ⁺
	MRS	B: Circular centro lechoso con borde traslúcido T: circular centro lechoso con borde brillante	Cocobacilos sin agrupación, bacilos largos y cocos gram ⁺
	MRS	B: Circular blanco lechoso	Cocobacilos predominantes y

		T: Circular blanco brillante con borde translúcido	cocos que no presentan agrupaciones definidas gram+
T1	PCA	B: Formación rizoide blanco lechoso T: Formación rizoide blanco lechoso brillante	Bacilos cortos sin ningún tipo de agrupación gram+
	PCA	B: Circular marfil con bordes definidos T: Circular marfil con bordes definidos brillante	Cocobacilos gram+ sin ningún tipo de agrupación
T2	PCA	B: Circular centro blanco bordes definidos T: Circular amarillo lechoso con superficie plana brillante	Cocos gram+ sin agrupaciones
T1	PDA	B: Irregular color blanco tendiente a perder el color T: Irregular filamentoso con tendencia a no elevarse del medio color blanco	Hifas septadas de diversos tamaños, presenta algunas ramificaciones aleatoriamente. Se observan septos separados, posiblemente por la perturbación de la colonia en el momento de la tinción. Presenta periferia hialina.
	PDA	B: Circular concéntrica marrón difuminado hacia el borde T: Circular marrón pálido, concéntrico marrón intenso en el centro	Se observan conidias con formas circulares variadas, conidias de coloración azul por tinción. En el lente del objetivo de 10X se observan hifas septadas hialinas.
	PDA	B: Circular con borde definido blanco lechoso T: Circular con borde definido blanco lechoso brillante	Levaduras formas circulares y ovaladas sin agrupación característica
T2	PDA	B: Irregular blanco lechoso T: Irregular blanco algodonoso filamentoso	Hifas septadas (estructura de mayor grosor) y no septadas extremos ovalados (estructura joven o delgada).
	PDA	B: Circular con borde definido, centro negro grisáceo difuminado con borde marfil. T: Esporulante grisáceo con borde marfil	Hifas azules con bordes hialinos, presenta septos de diferente tamaño, con terminación en extremos de

			forma redondeada.
	PDA	B: Irregular con centro amarillo encendido difuminado hacia el borde T: Irregular con varios colores en degradación pasando de rosa a amarillo y terminando en blanco, filamentoso	Hifas septadas de color azul por tinción, presenta ramificaciones cortas y largas. Septos de diferentes tamaños.
	PDA	B: Irregular con centro marfil con tendencia a perder el color T: Irregular rosa blancuzco con mayor intensidad en el centro, filamentoso algodonoso	Hifas septadas color azul por tinción, terminaciones circulares y ovaladas hialinas o de color azul.
	PDA	B: circular blanco lechoso con bordes definidos T: Circular concéntrico con elevación blanco algodonoso	Hifas de color azul por tinción, septadas largas con bordes hialinos en algunas, presenta variado tamaño (largo y grueso).
	PDA	B: Circular con bordes definidos color marfil con apariencia concéntrica dado a la elevación que tiene T: Circular concéntrico blanco algodonoso	Hifas septadas de color azul, morfología característica de penicillium. Se observa estructura con: métulas, fiálides y conidias.
	PDA	B: Circular blanco lechoso T: Circular blanco lechoso con borde translúcido brillante	Levaduras circulares y ovaladas sin agrupación característica

Fuente: Los autores

5.3. Anexo 3.



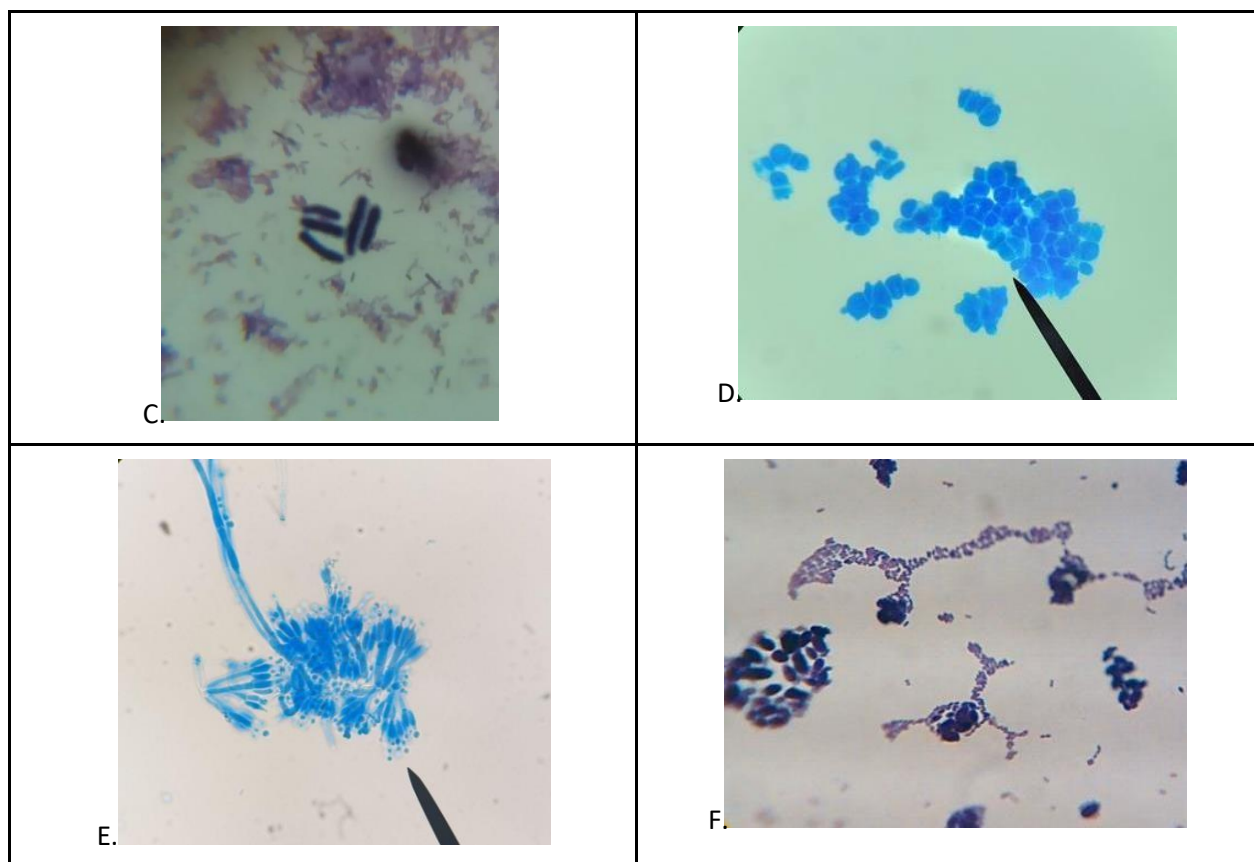


FIGURA 15. Vista microscópica de los microorganismos aislados en los medios con MM y EM. A. Bacilos y cocobacilos gram+, B. Bacilos con formación en cadena gram+, C. Formas bacilares con bordes redondeados gram+, D. Conidias con formas circulares, E. Hifas septadas con métulas, fiálides y conidias característico de penicillium, F. Levaduras de forma ovalada sin agrupación.

Fuente: Los autores

5.4. Anexo 4.

TABLA 6. Descripción macro morfológica de colonias con crecimiento diferenciado y confirmación en medio TSI.

Medio:VRBG- Tratamiento- Etapa	Descripción macromorfológica	Descripción en medio TSI
T2-E2	B: colonia circular coloración blanco lechosa con contorno púrpura.	Producción de gas con elevación de 30 mm del fondo con burbujas. Fondo amarillo y pico rojo. Fermentación de glucosa

T2- E2	B: Crecimiento extendido que ocupa el 40% de la placa con bordes irregulares color amarillo lechoso y purpura en la periferia T: crecimiento amarillo lechoso no homogéneo brillante	Producción de gas y desplazamiento del medio a 5 mm del fondo, pico rojo y fondo amarillo.
T1-E2	B: Circular púrpura con centro blanco difuminado hacia el exterior. T: Colonia circular púrpura	Zona media e inclinada color amarillo y profundidad rojo, lo que lo hace dudoso.
T2-E1	B: Colonia puntiforme color violeta claro T: Colonia puntiforme color violeta intenso difuminado hacia el centro blanco lechoso	Producción de gas sin desplazamiento, pico rojo y fondo amarillo
T0-E1	B: Colonia circular blanco lechoso, centro violeta claro T: Colonia circular centro blanco lechoso difuminado con halo violeta	Todo el cultivo rojo. Negativo para fermentación de glucosa
T0-E1	B: Colonia circular blanco lechoso con halo violeta intenso T: Colonia circular superficial violeta intenso brillante	Producción de gas con desplazamiento de medio 25 mm con burbujas. Fondo amarillo y pico rojo. Fermentación de glucosa

Fuente: Los autores