



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO



**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTION LOCAL**

**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE
COMPOSTA Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA**

TESIS

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL**

PRESENTA:

ERIKA RAMÍREZ CASTORENA

DIRECTOR DE TESIS: DR. AGUSTÍN DAMIÁN NAVA

CODIRECTORA: DRA. MIRNA VÁZQUEZ VILLAMAR

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO, MÉXICO., OCTUBRE DE 2023

La presente tesis titulada: CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DE COMPOSTA Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE ZARZAMORA, realizada por la alumna Erika Ramírez Castorena. forma parte de la línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Alimentos y Productos Naturales, del Cuerpo Académico: Producción Integral de Alimentos con clave: UAGro-CA-166. Esta tesis ha sido aprobada y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local. La dirección de la investigación estuvo integrada por el:

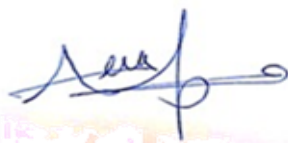
COMITÉ TUTORAL



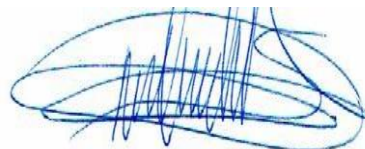
Dr. Agustín Damián Nava
Profesor-Investigador (UAGro)
Director de tesis



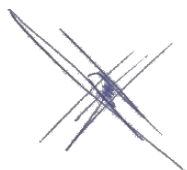
Dra. Mirna Vázquez Villamar
Profesora-Investigadora (UAGro)
Codirectora de tesis



Dr. Francisco Palemón Alberto
Profesor-Investigador (UAGro)
Asesor



Dr. Santo Ángel Ortega Acosta
Profesor-Investigador (UAGro)
Asesor



MC. Pavel Ernesto Damián Díaz
Profesor-Investigador (UAGro)
Asesor

Iguala de la Independencia Guerrero, México, Octubre de 2023

RESUMEN

El compostaje es un proceso aeróbico que posibilita la utilización de residuos orgánicos donde participan microorganismos transformando desechos degradables como: estiércol animal y residuos vegetales; y que se pueden usar de manera segura y beneficiosa como biofertilizantes y enmiendas del suelo. En este estudio se evaluó la composición fisicoquímica, nutrimental y microbiológica de dos compostas, a base de estiércol bovino, y caprino. Se uso un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones, y una composta como unidad experimental (caprino y bovino). Se encontró que en la fase termófila las temperaturas fueron similares en el compostaje, entre 55.12 °C (caprino) y 54.25 °C (bovino). La humedad, de ambos tipos de composta, fue: inicial de 80 %: luego se mantuvo entre 70 y 60 % y 34 %, al final del compostaje. El pH final de las compostas fue de 8.5 en caprino, que supero estadísticamente al bovino 7.8, presentando diferencias significativas ($p < 0.0001$) en las tres variables analizadas. En la relación C/N fue mayor en las compostas de remoción diaria con 17.3 en caprino y 21.3 en bovino, respectivamente. La materia orgánica (MO) por igual fue superior en las compostas con remoción diaria de 21.1 para caprino y 16.9 para bovino. En el contenido nutrimental en las compostas de caprino que fueron removidas diariamente se presentaron valores de: nitrógeno con 0.71 %, fósforo con 1700 mg/kg, potasio 5000 mg/kg, hierro 14648 mg/kg, manganeso 350 mg/kg, zinc 91.08 mg/kg y las de bovino, con nitrógeno 0.46 %, fósforo con 700 mg/kg, potasio con 2700 mg/kg, hierro 12136 mg/kg, manganeso 250 mg/kg, zinc 66.16 mg/kg. La composta de caprino mostró ser superior en cuanto al valor de los macronutrientes y micronutrientes, la relación C/N y materia orgánica. El análisis microbiológico de

las compostas de caprino y bovino hubo presencia de coliformes totales y fecales y para la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* sp., se tuvieron resultados negativos. La composta de caprino y la remoción cada tercer día en efecto al crecimiento vegetativo, fue superior en número de hojas jóvenes, maduras y viejas e inferior en altura de la planta siendo superior la composta bovino, el largo y ancho de hojas, área foliar total y área foliar promedio por hoja fueron estadísticamente iguales en los cuatro tratamientos.

Palabras clave: compostaje; estiércol; microorganismos.

SUMMARY

Composting is an aerobic process that makes possible the utilization of organic wastes where microorganisms participate transforming degradable wastes such as: animal manure and plant residues; and that they can be safely and beneficially used as biofertilizers and soil amendments. In this study, the physicochemical, nutritional and microbiological composition of two composts, based on bovine and goat manure, was evaluated. A randomized block design was used, with four treatments, four replications, and one compost as experimental unit (goat and cattle). It was found that in the thermophilic phase temperatures were similar in composting, between 55.12 °C (goat) and 54.25 °C (cattle). Moisture, for both types of compost, was: 80 % at the beginning, then between 70 and 60 %, and 34 % at the end of composting. The final pH of the composts was 8.5 in goats, which was statistically higher than 7.8 in cattle, showing significant differences ($p < 0.0001$) in the three variables analyzed. The C/N ratio was higher in the daily removal composts with 17.3 in goats and 21.3 in cattle, respectively. The Organic matter (MO) was equally higher in composts with daily removal of 21.1 for goats and 16.9 for cattle. The nutrient content in the goat composts that were removed daily showed values of: nitrogen with 0.71%, phosphorus with 1700 mg/kg, potassium 5000 mg/kg, iron 14648 mg/kg, manganese 350 mg/kg, zinc 91.08 mg/kg and those of cattle, with nitrogen 0.46%, phosphorus with 2700 mg/kg, potassium with 2700 mg/kg, iron 12136 mg/kg, manganese 250 mg/kg, zinc 66.16 mg/kg. Goat compost was shown to be superior in terms of macronutrient and micronutrient values, C/N ratio and organic matter. The microbiological analysis of the goat and bovine composts showed the presence of total and fecal coliforms and negative results for the

presence of *Escherichia coli* and *Salmonella* sp. The goat compost and the removal every third day in effect on vegetative growth, was superior in number of young, mature and old leaves and inferior in plant height being superior the bovine compost, the length and width of leaves, total leaf area and average leaf area per leaf were statistically equal in the four treatments.

Index words: composting; manure; microorganisms.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres **Paco Ramírez Flores** y **Laura Castorena Ávila** por su apoyo incondicional al llevar a cabo la investigación en mi Localidad, al cuidado y atención del proyecto, y gracias también a mi **Dios** por muchas bendiciones.

A mi hermano **Kevin Yair**, que siempre estuvo al pie del cañón apoyándome con la mano de obra del proyecto.

A mis hermanos **Yoni** y **Paco** que siempre han estado apoyándome.

A mi director de tesis el **Dr. Agustín Damián Nava**, mi respeto y admiración siempre para usted, gracias por cada enseñanza y regaño, todo fue de gran aporte para así poder esforzarme más y poder culminar exitosamente este escrito.

A la maestra **Gemy Díaz** por el apoyo brindado en mis visitas al huerto Agroecológico las finas, son el complemento perfecto con el Dr. Agustín.

Al **Dr. Elías** y la **Lic. Carmen**, por la amabilidad prestada, a mi compañera **Areli** por brindarme su apoyo en el laboratorio de microbiología agrícola de la facultad.

Agradezco especialmente a mi comité de tesis por sus acertadas aportaciones, aclaración de dudas, integrado por la **Dra. Mirna Vázquez Villamar**, el **Dr. Francisco Palemón Alberto**, el **Dr. Santo Ángel Ortega Acosta** y el **M.C Pavel Damián Díaz**, por igual son una pieza clave para la culminación de esta investigación. También un agradecimiento al **Dr. Paul García** por su colaboración.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo económico otorgado para lograr la investigación y el grado académico.

DEDICATORIA

A mis padres **Laura y Paco**, deseo que se sientan orgullosos de mí, gracias por la educación brindada y por ser siempre parte de mis logros y proyectos.

A mis hermanos **Kevin, Yoni y Paco**. Cada uno me brindo su apoyo de distinta forma, los Quiero Mucho.

A mis cuñadas **Jazmín y Ana**, gracias también por estar presentes en este recorrido.

A mis sobrinos que quiero tanto **Chuchito, Keily y mi Caletito**.

A mi gran amigo **Enrique Aguilar**, gracias por siempre estar aquí, por motivarme.

A mis amigas de maestría **Consuelito, Itzel y Areli**, gracias a Dios por coincidir con ustedes y contar con su amistad, que buenas platicas, momentos agradables.

A mi amigo **Carlos Adame**, paisano, gracias por la amistad y tus aportes en base a la investigación.

A **Manuel Hernández**, mi paisano Sierreño y estimadísimo amigo, gracias por el apoyo que siempre me has brindado, por acompañarme a las idas a Coaxtla.

A mi Primo **Jordi Almazán** y mi tío **Moisés Ramírez**, por acompañarme con la recolección de la raíz de zarzamora a Coaxtla y fascinarse en el mundo de la agricultura orgánica.

A mi primo **Jorgito**, Gracias por tu admiración a esta investigación y por el apoyo.

Dr. **Roberto Guerrero**, mi gratitud desde siempre al igual por motivarme a superarme más.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.2. Zarzamora.....	4
2.3. Proceso de compostaje.....	4
2.3.1. Fases del compostaje	5
2.3.2. Parámetros del compostaje.....	6
2.4. Contenido nutricional de la composta	7
2.5. Microorganismos presentes en la composta	8
2.6. La adición de composta en cultivo de zarzamora	9
2.7. Enfermedades a causa de consumo de productos contaminados	9
2.8. Estiércoles	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS	12
3.1. Localización del área experimental	12
3.2. Elaboración y análisis de composta	12
3.2.1. Análisis nutrimental de la composta.....	14
3.2.2. Análisis microbiológico	15
3.3. Evaluación de las compostas en el cultivo de zarzamora	27
3.4. Análisis estadístico para la evaluación de compostas	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Comportamiento de la temperatura, humedad y pH, durante el proceso de compostaje.....	31
4.2. Contenido nutrimental de las compostas	37
4.3. Calidad microbiológica de las compostas	42
4.4. Crecimiento vegetativo de plantas de zarzamora	53
V. CONCLUSIONES	66
VI. LITERATURA CITADA	68

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Contenido de nutrimentos en estiércol caprino y bovino.....	8
Cuadro 2. Valor nutrimental óptimo para zarzamora	9
Cuadro 3. NMP para 1 g de muestra cuando se usan tres tubos	20
Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables temperatura, humedad y pH por fechas de muestreo de las compostas de caprino y bovino.	31
Cuadro 5. Comparación de medias de compostas a base de estiércol caprino y bovino, relacionadas a temperatura, humedad y pH.	36
Cuadro 6. Comparación de medias, de los tipos de remoción de la composta, relacionas con temperatura, humedad y pH.....	37
Cuadro 7. Macronutrientes presentes en los cuatro tratamientos de compostas .	38
Cuadro 8. Micronutrientes presentes en los cuatro tratamientos de compostas caprino y bovino.	41
Cuadro 9. Tubos positivos para coliformes totales y fecales	42
Cuadro 10. Resultados de análisis de Coliformes totales y fecales presentes en los cuatro tratamientos de composta caprino y bovino.....	43
Cuadro 11. Resultados de análisis de <i>Salmonella</i> sp. y <i>Escherichia coli</i> presentes en los cuatro tratamientos de composta caprino y bovino.....	52
Cuadro 12. Análisis de varianza de las variables de crecimiento vegetativo en plantas de zarzamora.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Elaboración de compostas (A), compostas cubiertas con.....	13
plástico de polietileno (B).	13
Figura 2. Toma de temperatura y humedad (A), lectura de pH	14
con potenciómetro (B).	14
Figura 3. Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local,	15
campus Tuxpan (A) y Laboratorio de Microbiología Agrícola (B).	15
Figura 4. Muestras colectadas de los 4 tratamientos de composta bovino y caprino..	17
Figura 5. Preparación de material para esterilización.	18
Figura 6. Determinación de coliformes en muestras sólidas o alimentos	19
Figura 7. Inoculación en Caldo Verde Brillante y caldo lauril.	21
Figura 8. Siembra de estría cruzada en Agar Mc Conkey	22
Figura 9. Siembra en agar Agar Mac Conkey del control positivo <i>E.coli</i>	23
Figura 10. Pre- enriquecimiento de las cuatro muestras de compostas en agua Peptonada.	24
Figura 11. Etapa de pre-enriquecimiento selectivo de muestras de composta.	24
Figura 12. Siembra en medios selectivos: EH, XLD, ASB y VB	25
Figura 13. Siembra en agar ASB (A), XLD (B), VB (C) y EH (D) de los controles positivos	26
Figura 14. Pruebas bioquímicas de las muestras de composta en: caldo L-lisina descarboxilasa, agar LIA y TSI.....	27
Figura 15. Estacas de raíz de zarzamora (A) y estacas ya con brotación (B).	27
Figura 16. Trasplante de la zarzamora aplicando la composta en bolsas de 40x40 cm.....	29

Figura 18. Área foliar e imagen con la aplicación Easy leaf área	29
Figura 17. Toma de variables de crecimiento en el cultivo de zarzamora.	29
Figura 19. Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje caprino y bovino	32
Figura 20. Evolución de la humedad durante el proceso de compostaje caprino y bovino.....	33
Figura 21. Evolución del pH durante el proceso de compostaje caprino y bovino. 35	
Figura 22. Colonias aisladas en agar MacConkey	44
Figura 23. Pruebas bioquímicas de dos colonias de los tratamientos de composta caprino y bovino	45
Figura 24. Muestras de los tratamientos de composta caprino y bovino.	46
Figura 25. Control negativo en tubo MKTTn y en tubo RVS, A), control positivo a <i>Salmonella</i> sp.....	46
Figura 26. Colonias aisladas en agar ASB.....	47
Figura 27. Colonias aisladas en agar XLD	48
Figura 28. Colonias aisladas en agar VB	49
Figura 29. Colonias aisladas en agar EH	50
Figura 30. Crecimiento bacteriano en agar hierro, lisina y lia.....	51
Figura 31. Numero de hojas jóvenes (HJ), maduras (HM) y viejas (HV) durante el crecimiento de platas de zarzamora.....	54
Figura 32. Largo de hojas (LDH) y ancho de hojas (ADH) por planta de zarzamora durante el crecimiento	55
Figura 33. Altura por planta de zarzamora durante el crecimiento.	56
Figura 34. Área foliar total (AFT) y Área foliar promedio por hoja (AFPH).	58
Figura 35. Hojas jóvenes, maduras y viejas por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino.	59
Figura 36. Hojas jóvenes, maduras y viejas por efecto de remociones.....	60

Figura 37. Largo y ancho de hojas por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino	61
Figura 38. Largo y ancho de hojas por efecto de las remociones.	62
Figura 39. Altura de la planta por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino.....	62
Figura 40. Altura de la planta por efecto de las remociones	63
Figura 41. Área foliar total (AFT) y Área foliar promedio por hoja (AFPH) por efecto de la aplicación de composta caprino y bovino.	64
Figura 42. Área foliar total (AFT) y Área foliar promedio por hoja (AFPH) por efecto de las remociones	65

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible se basa en la integración de prácticas que utilizan materiales orgánicos como estiércol animal y residuos vegetales que se transforman a través del compostaje (González *et al.*, 2021).

El compostaje es un proceso de descomposición aeróbica que puede aprovecharse para reducir el uso excesivo de fertilizantes químicos que han generado fuertes problemas de contaminación en el agua, aire y suelo (Orozco *et al.*, 2017).

La elaboración de compostas es una práctica de descomposición natural de la cual se obtienen sustratos ricos en nutrimentos; sin embargo, uno de los problemas, es que no siempre conservan su potencial nutritivo, debido a que en ocasiones no se tiene un control en el proceso de compostaje; asimismo, no se tiene certeza en las características, ni de la aportación de nutrientes de la materia prima que se utiliza; por lo que se hace necesario realizar estudios de sus características físicas, químicas y microbiológicas (Del Pino *et al.*, 2007; López *et al.*, 2015; López *et al.*, 2018).

Otro de los problemas, es que no siempre se consideran los parámetros de control más comunes en el proceso de compostaje como: la temperatura, la humedad y el pH; sin embargo, este aspecto es muy importante, pues la temperatura ayuda acelerar el proceso y a eliminar los microorganismos patógenos presentes entre los 50 a 70 °C en su fase termofílica o de higienización; la humedad es un factor clave en las actividades metabólicas de los microorganismos mesófilos y termófilos que conforman las poblaciones mixtas degradando la materia orgánica, ésta se debe mantener en la composta durante el proceso entre 40 y 60 % y al final del proceso

se debe tener un adecuado pH con un valor de entre 7 y 8 (Beltrán *et al.*, 2019; González *et al.*, 2021).

Una desventaja del uso del estiércol es el hecho de provenir de las panzas de los animales, por lo cual se determina la diversidad y población de los microorganismos patógenos que pueden existir en la composta, *Escherichia coli* y *Salmonella* sp, que producen diarrea y algunas infecciones en los humanos por lo cual para garantizar el uso seguro de las compostas se incorporan métodos de evaluación y límites de regulación para identificar estos patógenos (Herrera *et al.*, 2015; Modupe *et al.*, 2020).

1.1. Objetivos

General

- Caracterizar físico, química y microbiológicamente el proceso de transformación de compostas a base de estiércol bovino y caprino, y su efecto en el crecimiento vegetativo de plantas de zarzamora.

Particulares

- Conocer las características físicas y químicas (temperatura, humedad, pH, contenido nutrimental y MO) de compostas elaboradas a base de estiércol bovino y caprino.
- Identificar y cuantificar coliformes totales y fecales en compostas de estiércol bovino y caprino, al término del compostaje.
- Identificar *Salmonella* sp. y *Escherichia coli* en compostas de bovino y caprino al término del compostaje.
- Conocer el efecto de las compostas elaboradas a base de estiércoles bovino y caprino en el crecimiento vegetativo de plantas de zarzamora.

1.2. Hipótesis

General

- Las compostas elaboradas a base de estiércol bovino y caprino presentarán diferentes características físicas, químicas y microbiológicas durante su proceso de transformación y su efecto por el uso posterior en el crecimiento vegetativo en plantas de zarzamora.

Particulares

- Las características fisicoquímicas van a ser distintas entre las compostas elaboradas a base de estiércol bovino y caprino.
- Los diferentes tipos de composta se encontrarán libres de coliformes totales y fecales y estarán dentro de los parámetros del uso seguro de compostas.
- En las muestras de caprino y bovino se encontrarán *Salmonella* sp y *Escherichia coli*.
- El crecimiento vegetativo de plantas de zarzamora será diferente de acuerdo con el tipo de compostas, elaboradas a base de estiércoles bovino y caprino.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.2. Zarzamora

La zarzamora del género *Rubus* pertenece a la familia de las Rosaceae con alrededor de 250 especies aproximadamente, conocida por sus frutos y con una considerable adaptación ambiental debido a que su especie se localiza distribuida en todo el mundo, excepto en la Antártica (Espinosa *et al.*, 2016; Rodríguez *et al.*, 2019).

Rubus fruticosus L. es un perenne caducifolio espinoso, arbusto conocido por su fruto llamado mora, zarzamora, para su desarrollo requiere de suelos fértiles, con buen drenaje, y profundos. Estas frutas se consumen frescas o procesadas para elaborar productos alimenticios como mermeladas, vino, té, helados, postres, jaleas sin semillas y productos de panadería. El pigmento extraído de las frutas se utiliza como colorante natural en productos horneados, gelatinas, gomas de mascar, vinos de frutas y bebidas (Parra *et al.*, 2005; Muhammad *et al.*, 2014).

El interés en las moras y otras especies del género *Rubus* ha crecido gracias a sus altos contenidos de antocianinas, compuestos fenólicos y sales minerales, vitamina A, B y C. Estudios recientes comprobaron que el elevado contenido de flavonoides contribuye a prevenir cáncer, diabetes mellitus y disminuir el colesterol malo, la fruta puede incluirse en programas de apoyo nutricional para prevenir estas enfermedades (Muhammad *et al.*, 2014; Espinosa *et al.*, 2016).

2.3. Proceso de compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición aeróbica de residuos vegetales y animales (Orozco *et al.*, 2017). El compostaje es un medio para transformar

diferentes desechos degradables en productos que pueden usarse de manera segura y beneficiosa como biofertilizantes y enmiendas del suelo (Modupe *et al.*, 2020).

2.3.1. Fases del compostaje

Puede definirse en cuatro etapas:

Etapa 1: una fase inicial o mesófila, donde se inicia el proceso a una temperatura ambiente y en pocos días e incluso horas los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente y la temperatura aumenta hasta los 45 °C (Tortarolo *et al.*, 2008; Román *et al.*, 2013; Bohórquez-Santana, 2019).

Etapa 2: una fase termófila o de higienización cuando el material alcanza temperaturas mayores a los 45 °C, caracterizada por una mayor actividad microbiológica donde los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina (Tortarolo *et al.*, 2008; Román *et al.*, 2013; Bohórquez-Santana, 2019).

Etapa 3: una fase de enfriamiento o mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino (Tortarolo *et al.*, 2008; Román *et al.*, 2013; Bohórquez-Santana, 2019).

Etapa 4: fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos (Tortarolo *et al.*, 2008; Román *et al.*, 2013; Bohórquez-Santana, 2019).

2.3.2. Parámetros del compostaje

Humedad

La humedad es un parámetro vinculado a los microorganismos ya que afecta de manera considerable en las actividades microbianas que utilizan el agua como transporte de nutrientes. La humedad optima del crecimiento bacteriano esta entre 50-70 %. Si la humedad es menor al 45 % la actividad microbiana disminuye lo cual ocasionara que no se complete la fase de degradación de los materiales. Si la humedad está por encima del 70 % el agua satura los poros, reduciendo la transferencia de oxígeno lo que puede originar una anaerobiosis (Román *et al.*, 2013; Chaves *et al.*, 2018).

Temperatura

El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede elevar la temperatura de los 55-60 °C o más. La comunidad microbiana sigue un patrón de sucesión predecible, donde se presentan poblaciones de microorganismos mesófilos, termófilos y termotolerantes, reguladas particularmente por la temperatura y representadas por diferentes géneros de hongos y bacterias para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente (Román *et al.*, 2013; Camacho *et al.*, 2014; Bohórquez-Santana, 2019).

Potencial de Hidrógeno (pH)

En un inicio en el compostaje hay una disminución de pH debido a la acción de los microorganismos se acidifica con la producción de ácidos orgánicos. En la siguiente fase se produce una alcalinización conforme a la conversión del amonio en amoníaco y así liberándolo para finalmente estabilizarse a valores cercanos al neutro, las condiciones aeróbicas dentro de las pilas estimulan aún más la disminución del pH. También el pH puede depender de acuerdo con el tipo de materiales que se degradan en el proceso (Román *et al.*, 2013; Chaves *et al.*, 2018; Bohórquez-Santana, 2019).

2.4. Contenido nutricional de la composta

La calidad de una composta se determina a partir de su contenido nutricional y de su capacidad de proveer nutrientes a un cultivo, este contenido está directamente relacionado con la composición de los residuos orgánicos utilizados para su elaboración (Pérez *et al.*, 2008; López *et al.*, 2015).

Los beneficios de las prácticas de compostaje incluyen el aumento del suministro de materia orgánica y nutrientes para los suelos (Escobar *et al.*, 2020). Las compostas cuando se adicionan al suelo, se incrementa la materia orgánica (MO) y con ello la disponibilidad de nutrimentos, por lo cual las plantas cuentan con mayor disponibilidad de Macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg y S y Micronutrientes: Fe, Cu, Mn, Zn, entre otros; así como la relación Carbono-Nitrógeno (Macías *et al.*, 2020).

El contenido de nutrientes en estiércoles caprino y bovino en fresco Cuadro 1. En cuanto a los resultados se muestra una gran variabilidad, atribuida principalmente a la heterogeneidad del material de origen y al tiempo de elaboración de las compostas (López *et al.*, 2018; Ramírez *et al.*, 2021).

Cuadro 1. Contenido de nutrimentos en estiércol caprino y bovino

Parámetro	Estiércol caprino	Estiércol bovino
M/O (%)	78.45	87.45
C/N	22.20	24.87
N (%)	2.05	2.04
PO ₄ (mg/kg)	2560	6880
K (mg/kg)	18800	15800
Mg (mg/kg)	5700	3000
Ca (mg/kg)	36200	13200
Na (mg/kg)	7300	230
Fe (mg/kg)	3600	1090
Mn (mg/kg)	440	440
Cu (mg/kg)	30	13
Zn (mg/kg)	360	150

Mo: materia orgánica; C/N: relación carbono/nitrógeno; N: nitrógeno; PO₄: fosfato; K: potasio; Mg: magnesio; Ca: calcio; Na: sodio; Fe: hierro; Mn: manganeso; Cu: cobre; Zn: zinc.

2.5. Microorganismos presentes en la composta

En la fase mesofílica se encuentran principalmente las bacterias del género *Bacillus* sp., aunque también existen algunos hongos. El 10 % de la descomposición es realizada por las bacterias y del 15-30 % es realizada por actinomicetos (Ramos *et al.*, 2014).

Debido a que la fuente de materiales degradables utilizados en el compostaje proviene de estiércoles animales estos determinan la diversidad y población de los microorganismos, así como los patógenos que pueden existir en la composta, como *Escherichia coli* y *Salmonella* sp., la composta debe evaluarse adecuadamente en cuanto al componente microbiano para garantizar la seguridad alimentaria (Modupe *et al.*, 2020).

2.6. La adición de composta en cultivo de zarzamora

La mayoría de los suelos se benefician con la aplicación de materia orgánica antes o al momento de la plantación, una alternativa es el suministro de compostas que aportan gradualmente nutrientes al suelo mejorando el crecimiento y la producción en el cultivo (Jara *et al.*, 2021).

Para mantener un buen crecimiento y desarrollo en el cultivo de zarzamora se realiza la fertilización de la agregación de composta en el fondo de la línea de establecimiento o en el hoyo individual a razón de 2 kg de composta por metro lineal o de 200 g de composta por planta. De esta forma se puede eliminar la fertilización química. Aplicaciones anuales de composta bien intemperizado a razón de 20 kg m¹ lineal (Ibáñez *et al.*, 2006).

En el Cuadro 2 se muestran los valores nutrimentales óptimos para zarzamora (Sánchez, 2009).

Cuadro 2. Valor nutrimental óptimo para zarzamora

N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
		%						Mg/kg		
3.0- 4.0	0.3- 0.5	2.5- 3.5	0.5- 1.0	0.3- 0.4	0.3- 0.6	50	50	20	7	30- 50

N: nitrógeno; P: fosforo; K: potasio; Ca: calcio; Mg: magnesio; S: azufre; Fe: hierro; Mn: manganeso; Zn: zinc; Cu: cobre; B: boro.

2.7. Enfermedades a causa de consumo de productos contaminados

Los desechos derivados de las actividades agrícolas y pecuarias pueden derivar en problemas de contaminación ambiental y afectar a la salud humana cuando no son manejados apropiadamente. Estos materiales constituyen un importante reservorio de bacterias patógenas al humano como son el grupo de los coliformes

encontramos el género *Escherichia coli* y *Salmonella* sp., que producen diarrea e infecciones en los humanos (Modupe *et al.*, 2020).

En *Escherichia coli* se incluyen cepas patógenas y no patógenas y corresponde a 80 % de la microflora intestinal normal, donde generalmente es inofensiva. En la actualidad están descritas cepas patógenas para el humano causantes de enfermedades graves, como infecciones de vías urinarias, bacteriemia y meningitis. Seis cepas enteropatógenas pueden causar diarrea aguda. Dentro del grupo de enterobacterias encontramos otros géneros como *Shigella* y *Salmonella*, causantes de disentería bacilar; *Salmonella typhimurium* y *Salmonella typhi* productoras de gastroenteritis y fiebre tifoidea, respectivamente (Herrera *et al.*, 2015; Ríos *et al.*, 2017).

2.8. Estiércoles

La aplicación de fuentes de nutrientes orgánicos como el estiércol se ha convertido en una mejor alternativa para evitar la disminución de la productividad alimentaria y al mismo tiempo reparar la calidad del suelo. El estiércol correctamente transformado en el compostaje es una valiosa fuente de nutrientes para las plantas que mejora la calidad y la productividad de los suelos (Yuda *et al.*, 2016).

El estiércol en la ganadería de bovinos constituye un importante reservorio de contaminantes de mantos freáticos, pero si se toma en cuenta que contienen una gran proporción de nutrientes ingeridos por el animal; los cuales, pueden representar una fuente potencial de nutrientes disponibles para las plantas cuando son reciclados mediante el compostaje (Olivares *et al.*, 2012).

El estiércol caprino es un buen fertilizante orgánico para el suelo porque provee contenido alto de nutrientes para las plantas y es una alternativa de bajo costo. El estiércol fresco aplicado a los cultivos puede ser inapropiado porque causa alteraciones al ambiente, como el aporte excesivo de metales (hierro, zinc, aluminio), sales inorgánicas, patógenos, pérdida y lavado de nutrientes del suelo por erosión y emisión de sulfuro de hidrógeno, amoníaco y otros gases tóxicos. Es por eso por lo que su uso es recomendado mediante el compostaje (Colín *et al.*, 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del área experimental

La investigación se realizó en Jaleaca de Catalán, municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México, ubicado en las coordenadas GPS: Longitud (dec): -99.858056; Latitud (dec): 17.446944. Altitud: 761 m.

La investigación, consto de dos etapas: la etapa uno, consistió en la elaboración de las compostas y los análisis fisicoquímicos, nutrimental y microbiológicos. La etapa dos, fue la evaluación de compostas en campo, en el cultivo de zarzamora.

3.2. Elaboración y análisis de composta

Para la elaboración de compostas se siguió la metodología por Román *et al.*, 2013. Las dimensiones fueron de 1.5 m de ancho y 1 m de largo, con un peso de 190 kg y de altura lo que se logró con las capas de compostaje. Se elaboraron 16 camas de compostaje, el diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cuatro tratamientos, cuatro repeticiones y una composta como unidad experimental.

Los componentes del compostaje utilizados fueron estiércoles bovino y caprino, tierra de monte, hojarasca de diferentes tipos de árboles que fueron, guanábana (*Annona muricata* L.), encino (*Quercus xalapensis* Humb. & Bonpl), mango (*Mangifera indica* L.), cuapinol (*Hymenaea courbaril* L.), tanalocote (*Homalium senarium* ex DC.) y aserrín de árboles de ayacahuite (*Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl).

Para ambos tipos de compostas (caprino y bovino) sobre un plástico de polietileno, se acomodaron en capas, en el orden siguiente; hojarasca de 15 cm, estiércol de 15 cm, tierra de monte de 10 cm, aserrín de 10 cm, hojarasca de 15 cm, estiércol

de 15 cm, tierra de monte de 10 cm, aserrín de 10 cm, hojarasca de 15 cm (Figura 1, A), cada capa fue regada de forma uniforme, luego, se cubrieron con un plástico de polietileno (Figura 1, B).



Figura 1. Elaboración de compostas (A), compostas cubiertas con plástico de polietileno (B).

En la evaluación de las características fisicoquímicas, nutrimental y microbiológica de las compostas se tomaron en cuenta dos factores: factor 1= estiércoles: nivel 1 (caprino) y nivel 2 (bovino); factor 2= momentos de remoción de composta: nivel 1 (remoción diaria) y nivel 2 (remoción cada tercer día). Con la combinación entre factores y niveles se obtuvieron cuatro tratamientos que fueron; T1= caprino + remoción diaria (C+RD), T2= caprino + remoción cada tercer día (C+RTD), T3= bovino + remoción diaria (B+RD) y T4= bovino + remoción cada tercer día (B+RTD).

Registro de datos: temperatura, humedad y pH en el proceso de compostaje

Se realizaron en el mes de julio a octubre del 2021, con un periodo de 13 semanas, cada ocho días de 12:00 a 14:00 p.m. Para estimar la temperatura, se usó un termómetro de mercurio (°C) Brannan®, colocado en la parte media de la composta (Figura 3). La humedad (%) se estimó con un equipo digital Generic® modelo 5-In-1 Soil Tester (%) en la parte media de la composta (Figura 2, A) y el pH con un potenciómetro Hanna® modelo HI98131, con dilución de 10 g de composta en 20 mL de agua destilada, (Figura 2, B).



Figura 2. Toma de temperatura y humedad (A), lectura de pH con potenciómetro (B).

3.2.1. Análisis nutrimental de la composta

El contenido nutrimental y materia orgánica se realizó, a principios de noviembre; para ello, se usó una muestra de un kg, compuesta de las cuatro repeticiones (250 g/repetición) de cada tratamiento (pesada en una báscula digital para cocina ADIR®), mismas que se colocaron en bolsas de plástico de cierre hermético ziploc® y fueron etiquetadas de acuerdo con las indicaciones del laboratorio de análisis del

suelo y nutrición Fertilab con número de certificación: ER-0223/2020.ISO 9001:2015.

3.2.2. Análisis microbiológico

Las muestras de composta se analizaron en el laboratorio de microbiología agrícola, campus Tuxpan en las instalaciones de la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local (Figura 3, A y B). Universidad Autónoma de Guerrero, ubicado en el km 2.5 de la carretera Iguala-Tuxpan, en el estado de Guerrero, el cual, se localiza entre las coordenadas geográficas 18° 25' 00" Latitud Norte y 99° 35' 00" Longitud Oeste, a una altitud de 731 m.



Figura 3. Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, campus Tuxpan (A) y Laboratorio de Microbiología Agrícola (B).

Equipos, materiales, reactivos y cepas control usados para el análisis microbiológico

Equipos

- Autoclave

- Incubadora con termostato para evitar variaciones mayores de $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g
- Termómetro

Materiales

- Matraz Erlenmeyer de 500 mL y 250 mL
- Tubos de ensaye de 16 x 150 mm y de 20 x 100 mm
- Pipetas de 1 mL, 0.2 mL y 0.1 mL
- Probetas de 100 mL y 10 mL
- Rejillas para tubos de ensaye
- Cajas de Petri estériles desechables
- Asa de platino de aproximadamente 3 mm de diámetro
- Mecheros Bunsen o Fisher
- Agua destilada
- Solución salina

Medios de cultivo

- Agua Peptonada Amortiguada, (GranuCult®)
- Medio de Rappaport-Vassiliadis (RVS); DIN EN ISO 6579:2002, (SigmaAldrich®) 16
- Caldo de Muller-Kauffmann tetracionato novobiocina (MKTTn), (GranuCult®)
- Agar Entérico de Hektoen (EH), (BD Bioxon®)
- Agar xilosa lisina desoxicolato (XLD), (BD Bioxon®)
- Agar sulfito bismuto (ASB), (BD Bioxon®)
- Agar Verde Brillante (VB), (BD Bioxon®)
- Agar nutritivo, (BD Bioxon®)

- Agar lisina-hierro (LIA), (BD Bioxon®)
- Agar triple azúcar hierro (TSI), (GranuCult®)
- Medio L-Lisina descarboxilasa, (Sigma-Aldrich®)
- Medio Agar Mac Conkey (BD Bioxon®)
- Caldo Lauril Sulfato de Sodio (BD Bioxon®)
- Caldo Bilis Verde Brillante (BD Bioxon®)
- Caldo *e. coli* (BD Bioxon®)
- Caldo RM-VP (BD Bioxon®)

Cepas control de *Salmonella*

- *Salmonella* sp.
- *Escherichia. coli*

Metodología usada para el análisis microbiológico de las compostas

Recolección de muestras

Todas las muestras se colectaron y transportaron de acuerdo con lo indicado por la NOM-004-SEMARNAT-2002, Norma oficial mexicana, protección ambiental. - lodos y biosólidos. -especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final (Figura 4).

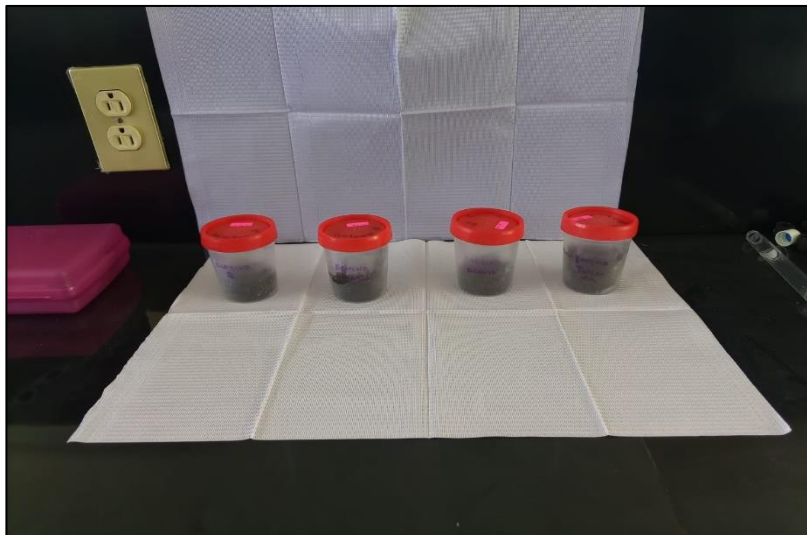


Figura 4. Muestras colectadas de los 4 tratamientos de composta bovino y caprino.

Preparación de material para procesamiento de las muestras

En la toma y procesamiento de muestras se procedió a realizar la esterilización del material envolviendo los materiales y adhiriendo cinta testigo para introducirlos posteriormente en autoclave a una temperatura de 121 °C durante 15 min, evitando la contaminación de la muestra, previniendo la alteración de los resultados esperados (Figura 5, A y B).



Figura 5. Preparación de material para esterilización.

Técnica del Número más probable (NMP)

El método del Número más Probable ayudó a determinar el número de coliformes fecales en las muestras de composta (Camacho *et al.*, 2009).

Procedimiento: se pesaron 10 g de la muestra (compost) en condiciones de asepsia, después se homogenizaron la muestra en 90.0 mL de solución diluyente en un matraz, enseguida se tomaron 2 diluciones decimales más en tubos de ensayo con 9.0 mL de solución diluyente, se sembraron por triplicado de cada dilución 1.0 mL en tubos de 10 mL de caldo lauril sulfato de sodio y se incubaron a 35 °C durante

48 h. después de este tiempo se observaron los tubos positivos (producción de gas) los cuales se inocularon en tubos de caldo lactosa verde brillante bilis 2 % se incubaron a 35 °C durante 48 horas y después se procedió a la lectura de tubos positivos en tablas. NMP de coliformes totales/g de muestra: para calcular el número más probable / g. o por mL de muestra, se realizó en base a los tubos positivos y negativos de cada serie de cada una de las diluciones (Figura 6).

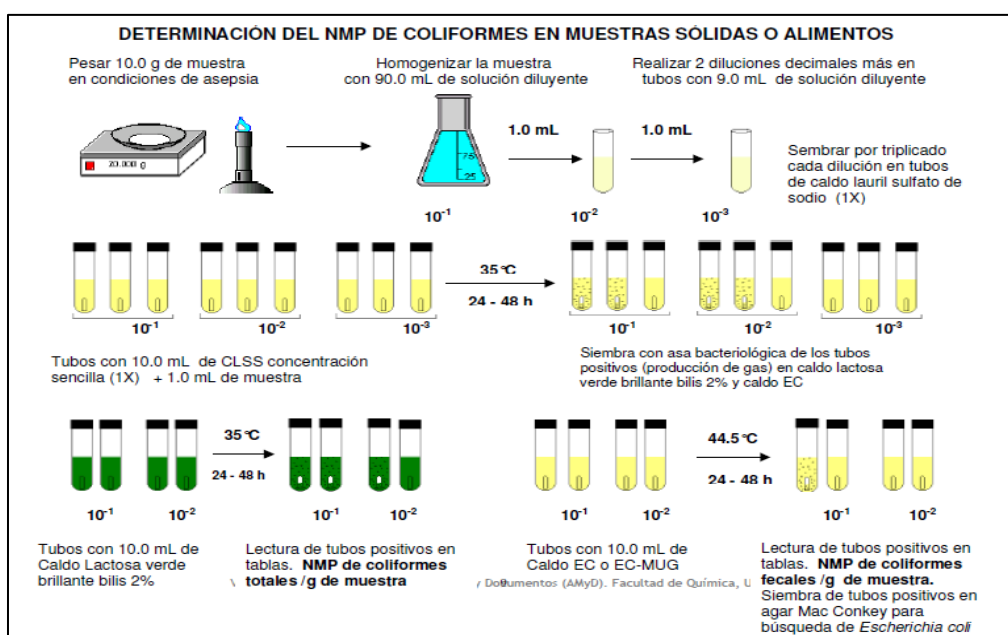


Figura 6. Determinación de coliformes en muestras sólidas o alimentos (Camacho *et al.*, 2009).

El número más probable para coliformes totales y fecales en las muestras de composta se determinó en proporción (Cuadro 3).

Cuadro 3. NMP para 1 g de muestra cuando se usan tres tubos con porciones de 0.1; 0.01 y 0.001 g. (Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014).

Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos				Tubos Positivos			
0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP	0,1	0,01	0,001	NMP
0	0	0	<3	1	0	0	3,6	2	0	0	9,1	3	0	0	23
0	0	1	3	1	0	1	7,2	2	0	1	14	3	0	1	39
0	0	2	6	1	0	2	11	2	0	2	20	3	0	2	64
0	0	3	9	1	0	3	15	2	0	3	26	3	0	3	95
0	1	0	3	1	1	0	7,3	2	1	0	15	3	1	0	43
0	1	1	6,1	1	1	1	11	2	1	1	20	3	1	1	75
0	1	2	9,2	1	1	2	15	2	1	2	27	3	1	2	120
0	1	3	12	1	1	3	19	2	1	3	34	3	1	3	160
0	2	0	6,2	1	2	0	11	2	2	0	21	3	2	0	93
0	2	1	9,3	1	2	1	15	2	2	1	28	3	2	1	150
0	2	2	12	1	2	2	20	2	2	2	35	3	2	2	210
0	2	3	16	1	2	3	24	2	2	3	42	3	2	3	290
0	3	0	9,4	1	3	0	16	2	3	0	29	3	3	0	240
0	3	1	13	1	3	1	20	2	3	1	36	3	3	1	460
0	3	2	16	1	3	2	24	2	3	2	44	3	3	2	1100
0	3	3	19	1	3	3	29	2	3	3	53	3	3	3	>1100

Identificación y aislamiento de *Escherichia coli* (*E.coli*)

Para la identificación microbiológica de *Escherichia coli*. se llevó a cabo con base en lo descrito en la técnica del número más probable.

Pre- enriquecimiento

Se pesaron 10 g de muestra, posteriormente se vació y se homogenizo la muestra con 90 mL de agua peptonada amortiguada en un matraz Erlenmeyer, después se realizaron 2 diluciones con decimales más en tubos con 9.0 mL de agua peptonada.

Prueba presuntiva

Siembra en tubos de caldo lauril sulfato de sodio

Posterior a la homogenización de los 10 g de muestras de composta en agua peptonada, se realizaron diluciones decimales empleando tubos con 9.0 mL de

Solución diluyente. Las muestras se dejaron reposar en una estufa a una temperatura de 35 °C durante 24 h.

Prueba confirmativa

Siembra en tubos de caldo verde brillante

Transcurridas las 24 h se realizó la lectura de los tubos de caldo lauril inoculados, de los tubos positivos se tomaron tres azadas para la inoculación en caldo verde brillante, se agitaron los tubos para su homogeneización y se Incubaron a $35 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 h (Figura 7).



Figura 7. Inoculación en Caldo Verde Brillante y caldo lauril.

Tomando tres azadas de los tubos positivos de caldo lauril, se inocularon en caldo *E. coli*, para posteriormente dejar los tubos de caldo *E. coli* en la incubadora a 35° C por 24 h.

Siembra en Agar Mac Conkey

Tomando una azada de los tubos positivos de caldo *E. coli* para sembrar por estría cruzada en placas de agar Mac Conkey, se dejaron las placas en la incubadora a 35° C por 24 h (Figura 8).



Figura 8. Siembra de estría cruzada en Agar Mc Conkey.

Posteriormente se seleccionaron colonias típicas fermentadoras de lactosa de color rosa intenso para realizar las pruebas bioquímicas.

Control positivo *E. coli*

Para identificar y diferenciar las colonias típicas de *E. coli*, de otras bacterias con la morfología macroscópica similar, se utilizó un control positivo de *E. coli* (ATCC) (Figura 9).

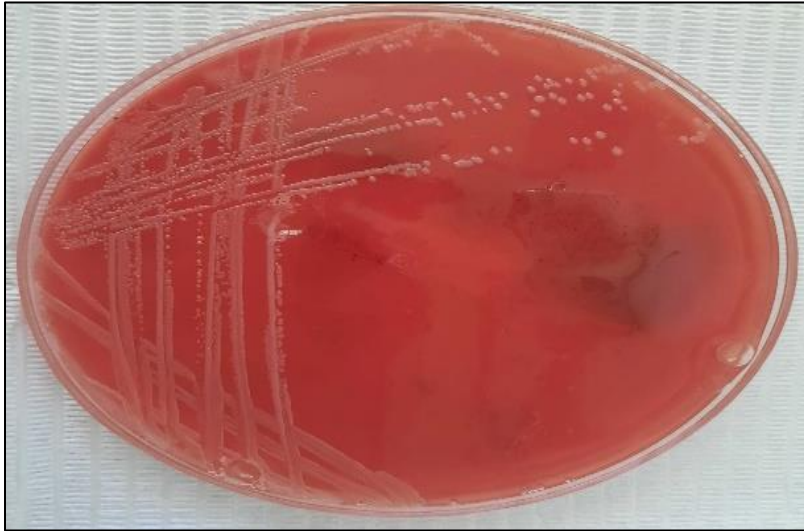


Figura 9. Siembra en agar Agar Mac Conkey del control positivo *E.coli*

Pruebas bioquímicas para *E.coli*

Se realizaron las pruebas de Vogues- proskauer, rojo de metilo, citrato de koser de todas las muestras sembradas con morfología similar al control en agar Mac Cokey

Identificación de *Salmonella* sp

Para la identificación microbiológica de *Salmonella* sp., se llevó a cabo con base en lo descrito en la NOM-210-SSA1-2014.

Pre-enriquecimiento

Se pesaron 10 g de las cuatro muestras de compostas. Posteriormente, en un matraz Erlenmeyer se vació y se homogenizo la muestra con 90 mL de agua peptonada amortiguada y se incubo en una estufa por 18 h a 37 °C (Figura 10).



Figura 10. Pre- enriquecimiento de las cuatro muestras de compostas en agua Peptonada.

Enriquecimiento selectivo

Del cultivo de pre-enriquecimiento se transfirió 0.1 mL a un tubo del 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RVS) y 1 mL a un tubo conteniendo 10 mL de caldo de Muller-Kauffmann tetracionato novobiocina (MKTTn). El caldo de RVS se dejó incubar a 41 °C y el caldo MKTTN a 37 °C por 24 h (Figura 11).



Figura 11. Etapa de pre-enriquecimiento selectivo de muestras de composta.

Selección en medios sólidos

Las muestras positivas se inocularon en 4 medios selectivos marca (BD Bioxon®); Agar Entérico de Hektoen (EH), Agar Sulfito de Bismuto (ASB), Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y Agar Verde Brillante (VB) (Figura 12).



Figura 12. Siembra en medios selectivos: EH, XLD, ASB y VB

Control positivo de *Salmonella* sp.

Para la Identificación y diferenciación de las colonias típicas de *Salmonella* sp., se utilizó un control positivo de *Salmonella* (ATCC) en medios selectivos ASB (A), XLD (B), VB (C) y EH (D) (Figura 13).

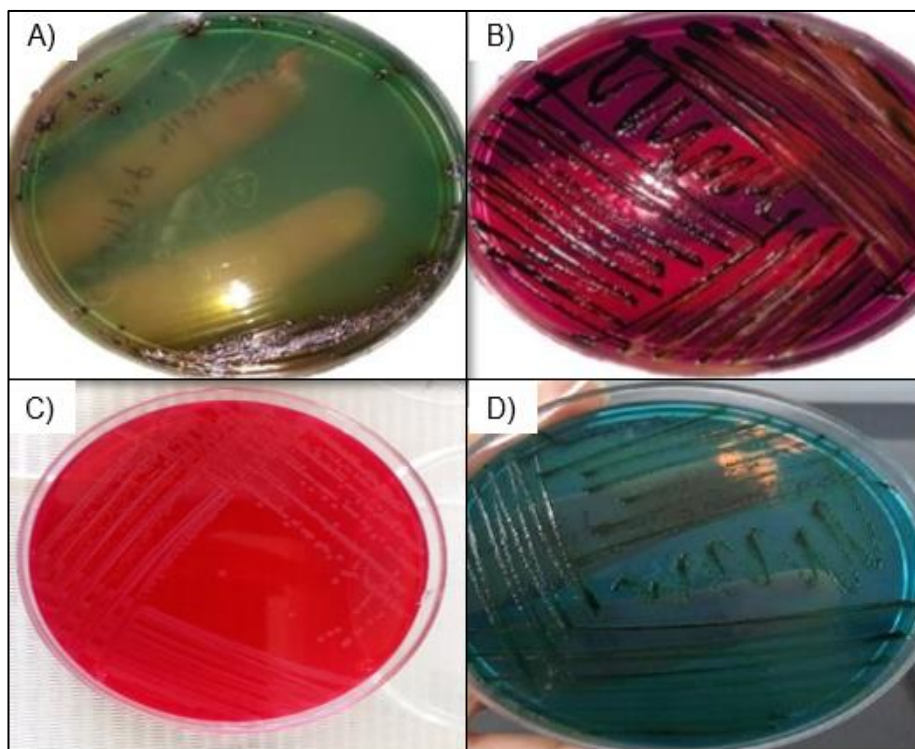


Figura 13. Siembra en agar ASB (A), XLD (B), VB (C) y EH (D) de los controles positivos

Identificación bioquímica *Salmonella* sp.

Las colonias típicas de *Salmonella* sp., se inocularon en los medios: caldo L-lisina descarboxilasa, Agar de Hierro y Lisina (LIA), Agar de Hierro y Triple Azúcar (TSI) y seguidamente incubaron a 37 °C por 24 h (Figura 14).



Figura 14. Pruebas bioquímicas de las muestras de composta en: caldo L-lisina descarboxilasa, agar LIA y TSI.

3.3. Evaluación de las compostas en el cultivo de zarzamora

El cultivo de la zarzamora se propagó en el mes de abril del año 2021, por medio de estacas de raíz que se colectaron del poblado de Coaxtlahuacan, municipio de Mochitlán, Guerrero; se hicieron cortes de 10 cm, se colocaron en bolsas pequeñas de polietileno 15 x 15 cm, rellenas de tierra de monte (Figura 15, A y B).

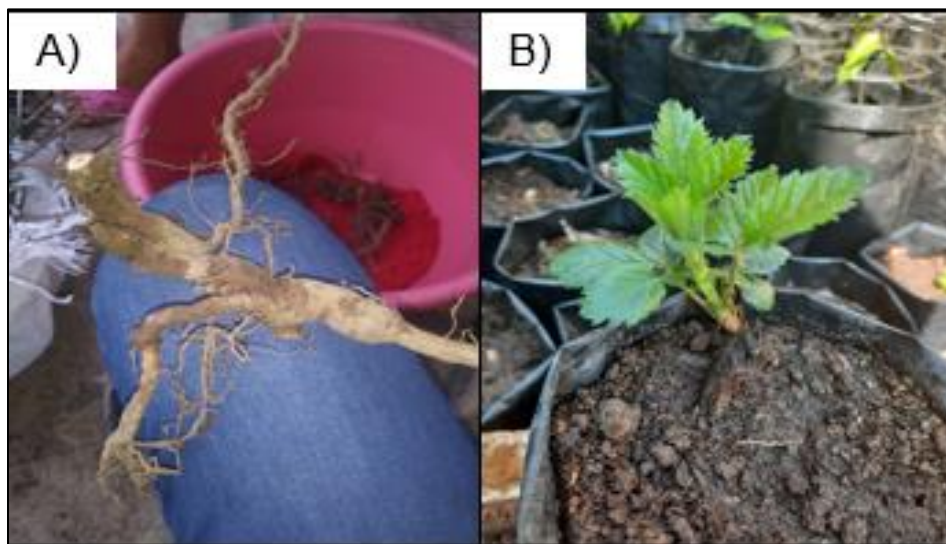


Figura 15. Estacas de raíz de zarzamora (A) y estacas ya con brotación (B).

El mes de noviembre del año 2021, las plantas de zarzamora fueron trasplantadas en bolsas de polietileno de 40 x 40 cm, aplicando 8 kg de composta y se acomodaron en espacios de 50 cm entre plantas y 1.50 cm entre las hileras (Figura 16). Se uso un diseño de bloques al azar con 4 tratamientos, con 4 repeticiones y 4 macetas como unidad, experimental, con un total de 64 plantas, a las cuales se les determinaron variables de crecimiento vegetativo a partir del mes de diciembre del 2021:

- Numero de hojas/planta. Se cuantificaron el número de hojas jóvenes (hojas tiernas), maduras (hojas con un verde intenso) y viejas (hojas con degradación de clorofila) (a los 30, 60 y 90 días).
- Longitud de planta. Se midió con una cinta métrica del cuello al ápice (a los 30, 60 y 90 días).
- Largo y ancho de hojas maduras (cm), (a los 30, 60 y 90 días). El largo se midió en cm, de la base del limbo al ápice de la hoja y el ancho de hoja se midió de la parte media de borde a borde de la hoja (Figura 17, A), (Parra *et al.*, 2005) (Figura 17, B).
- Área foliar en hojas maduras (a los 30, 60 y 90 días) se utilizó la aplicación Easy Leaf Área® no destructiva, en una hoja blanca se colocó a un costado un pedazo de papel rojo con diámetro de 4 cm², se tomó la foto asegurando que la hoja del cultivo y la escala estén al mismo plano. El área foliar se calculó automáticamente de la hoja verde y las zonas rojas escala (Figura 18, A y B).



Figura 16. Trasplante de la zarzamora aplicando la composta en bolsas de 40x40 cm.



Figura 17. Toma de variables de crecimiento en el cultivo de zarzamora.

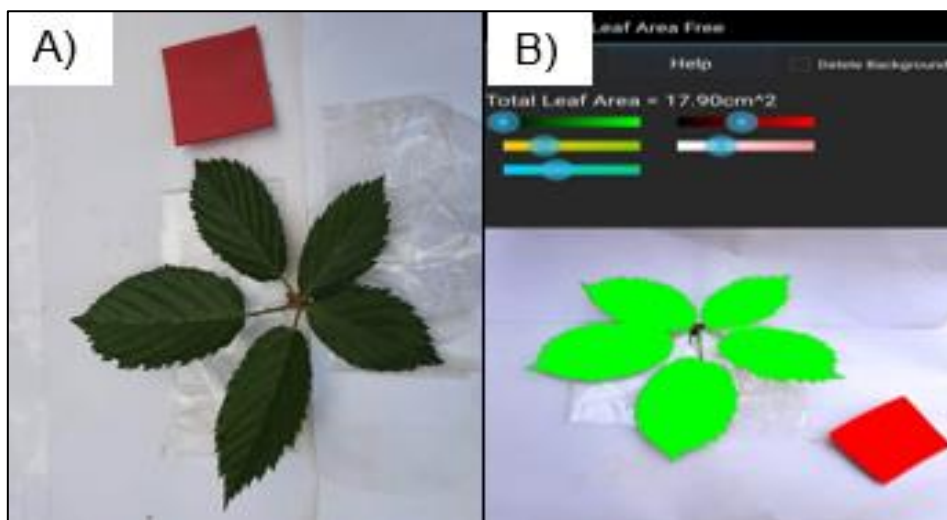


Figura 18. Área foliar e imagen con la aplicación Easy leaf área

3.4. Análisis estadístico para la evaluación de compostas

Para el análisis de datos se usó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de medias LSD ($\alpha \leq 0.05$) en las variables de temperatura, humedad y pH y variables de crecimiento vegetativo de la zarzamora.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento de la temperatura, humedad y pH, durante el proceso de compostaje

El análisis de varianza para las fechas de muestreo durante el proceso de compostaje (13 semanas), se encontró que las variables temperatura, humedad y pH, fueron altamente significativas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis de varianza de las variables temperatura, humedad y pH por fechas de muestreo de las compostas de caprino y bovino.

Variables	Coef Var	Media	Cuadrado de la media	Pr > F
Temperatura	3.12561	37.27885	538.51731	<.0001
Humedad	6.272636	64.66346	845.28141	<.0001
pH	3.85734	7.204135	9.0787266	<.0001

Comportamiento de la temperatura durante el proceso de compostaje

El comportamiento de la temperatura en el proceso de compostaje de los dos tipos de compostas caprino y bovino presentó diferencias se encontró que en la cuarta semana presento el valor más alto (55.12 y 54.25 °C, respectivamente), mismos que superan de manera estadística a los valores de la tercera semana (50.12 y 50.00 °C); así mismo esta última supero la segunda semana (50.12 y 48.12 °C, respectivamente) y quinta semana (45.62 en ambas compostas), las semanas que presentaron valores de temperaturas intermedias (45.50 a 30.75 °C) fueron de la sexta a la undécima semana; las semanas con valores estadísticos inferiores fueron de (25.87 a 25.00 °C) terminando el proceso de composta (Figura 19).

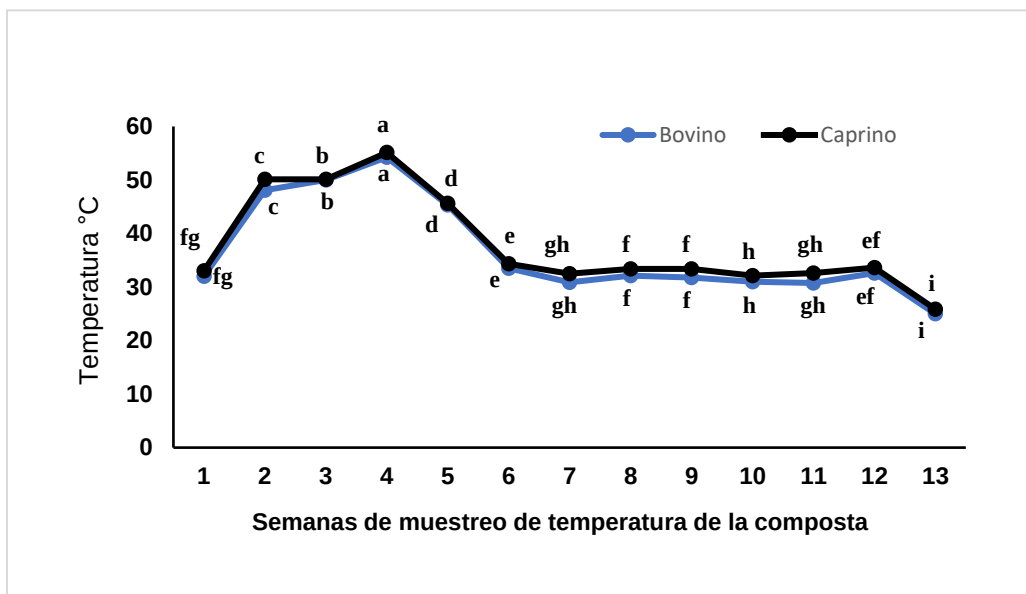


Figura 19. Evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje caprino y bovino. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tortarolo *et al.* (2008) indican que el proceso de compostaje se desarrolla en etapas que dependen del comportamiento de la temperatura; en la primera etapa mesófila, la actividad de bacterias y hongos hacen ascender la temperatura hasta unos 40 °C. En una segunda etapa termófila, la temperatura, está comprendida entre 40 a 60 °C. En la tercera etapa de enfriamiento, desciende a temperatura ambiente; mismas etapas se llevaron a cabo en el proceso de compostaje de los cuatro tratamientos de este estudio, en compostas de caprino y bovino.

López *et al.* (2018), encontraron que, en las etapas, antes indicadas, al inicio en compostas de caprino presentó una temperatura de 28 °C, luego alcanzó, 53 °C y finalmente, descendió, a 20 °C; mientras que en las compostas de bovino iniciaron con 25 °C, ascendió a 35 °C y finalizando a los 20 °C; es decir, hubo similitud con esta investigación, solo en compostas de caprino.

Delgado *et al.* (2019), mencionan que una temperatura mayor a 50 °C en la fase termófila indica que las compostas cumplen los requisitos de higienización; lo que sugiere que las compostas de caprino y bovino de este estudio, se encuentran libres de microorganismos patógenos puesto que, alcanzaron temperaturas de 55 °C y 54 °C.

Comportamiento de la humedad durante el proceso de compostaje

El comportamiento de la humedad en el proceso de compostaje de los dos tipos de composta caprino y bovino, en la primera semana se presentó el valor más alto (80 %) mismas que superó de manera estadística a el periodo de la segunda y octava semana (74.75 a 54.87 %, respectivamente) para mantener la actividad microbiana, ya que durante el proceso se evapora gran cantidad de agua y si el contenido de humedad disminuye; también se reduce la actividad microbiana; Los valores estadísticamente menores fueron durante el periodo de la novena semana a la decimotercera (65 a 34 %, respectivamente), (Figura 20).

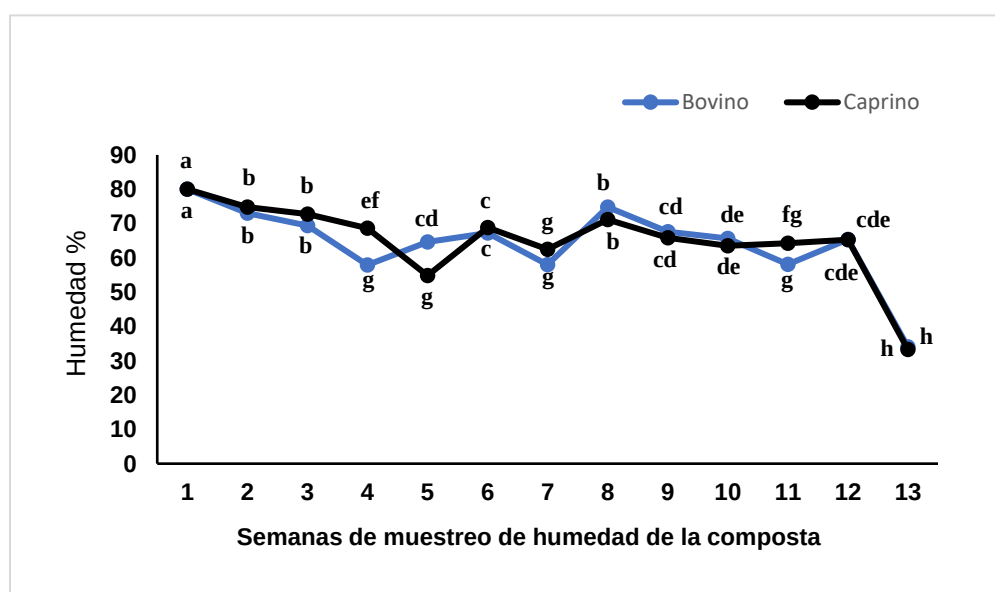


Figura 20. Evolución de la humedad durante el proceso de compostaje caprino y bovino. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

López *et al.* (2018) indican que en compostas de caprino y bovino durante todo el proceso la humedad se mantuvo en un 60 %, en comparación a este estudio que mantuvo estos valores de la segunda semana a la duodécima (70-60 %).

Delgado *et al.* (2019) y Modupe *et al.* (2020), en otro estudio encontraron que, para un compostaje adecuado, la humedad es un parámetro fundamental en todas sus fases, dado que si la humedad al inicio del proceso está por debajo del 35-40 %, la actividad microbiana disminuye, pudiendo llegar hasta la inhibición y afectar todo el proceso; algo similar se presentó en este estudio, se mantuvieron valores entre los 60 %, de acuerdo con lo recomendado. y lo recomendable es mantenerla entre el 50 y 60 % durante el proceso a lo que en este estudio se cumplió en mantener una similitud en valores de humedad de acuerdo con lo recomendado.

Comportamiento del pH durante el proceso de compostaje

El comportamiento del pH en el proceso de compostaje de los dos tipos de composta caprino y bovino, la composta de estiércol caprino siempre presentó valores más altos y fue estadísticamente diferente a la composta de bovino. Los valores mayores (8.52 en caprino y 7.81 en bovino), se presentaron en las últimas dos semanas del compostaje, que superaron a las semanas del periodo de la novena a la undécima semana (8.30 y 7.31, respectivamente); los valores de pH intermedio se presentaron de la segunda a la séptima semana (7.59 en caprino y 6.63 para bovino); los valores estadísticamente inferiores (4.02), se presentaron al inicio del compostaje, en los dos tipos de composta (Figura 21).

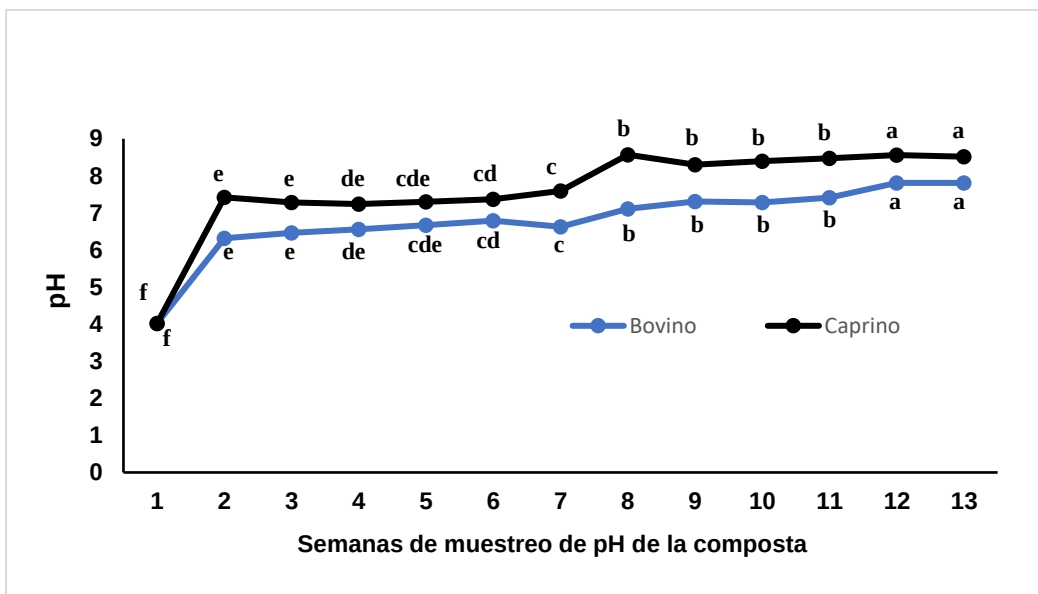


Figura 21. Evolución del pH durante el proceso de compostaje caprino y bovino. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los resultados de este estudio son similares a los reportados por Colín *et al.* (2018) en compostas de estiércol caprino reportaron un pH alcalino de 8.8 y Pérez *et al.* (2010) en compostas de bovino presentaron valores de un pH final de 7.3.

López *et al.* (2018) en compost de caprino y bovino un pH de 9.0 y 9.1 respectivamente, valores mayores a los obtenidos en este estudio.

Comportamiento de la temperatura, humedad y pH de acuerdo con los tipos de compostas

En relación con los parámetros medidos en la comparación entre las compostas de caprino y bovino, se encontró que la temperatura de la composta a base caprino (37.84 °C), fue estadísticamente superior a la de bovino (36.72 °C); similarmente sucedió con el pH (7.62 y 6.78, respectivamente), mientras que la humedad fue similar en ambos tipos de composta (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de compostas a base de estiércol caprino y bovino, relacionadas a temperatura, humedad y pH.

Composta	Variables		
	Temperatura °C	Humedad %	pH
Caprino	37.84 a	65.05 a	7.62 a
Bovino	36.72 b	64.27 a	6.78 b
Pr > F	<.0001	0.1732	<.0001

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. LSD ($\alpha \leq 0.05$).

Campos *et al.* (2016) obtuvieron mediciones de temperatura cercanas a los 40 °C, lo que demuestra una relación en la actividad de los microorganismos mesófilos hacia el aumento de la temperatura, esta misma evolución de temperatura se encuentra entre los valores obtenidos en la composta caprino y bovino de este estudio.

Velasco *et al.* (2016) recomienda la humedad entre 60 y 70 % por lo tanto los valores en las compostas caprino y bovino de este estudio se mantuvieron entre los mismos resultados.

Méndez *et al.* (2018) muestra que la adición de estiércol dependiente al origen aumenta los valores de pH, la misma diferencia en la utilización de estiércol caprino y bovino, comparando sus valores de pH de este estudio.

Comportamiento de la temperatura, humedad y pH, de acuerdo con el tiempo de remoción de las compostas

En cuanto a los parámetros medidos por efecto del tiempo de remoción de las compostas, se encontró que la humedad (65.32 %) de la composta que se removió diariamente, supero de manera estadística a las compostas de remoción cada tercer día (64.00 %); mientras que la temperatura y pH, de remoción diaria y cada tercer día, fueron similares (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias, de los tipos de remoción de la composta, relacionas con temperatura, humedad y pH.

Remoción	Variables		
	Temperatura °C	Humedad %	pH
Remoción diaria	37.27 a	65.32 a	7.21 a
Remoción cada tercer día	37.29 a	64.00 b	7.20 a
Pr > F	0.9054	0.0212	0.9048

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. LSD ($\alpha \leq 0.05$).

Oviedo *et al.* (2014) y Méndez *et al.* (2018) menciona que el manejo de la aireación o volteos continuos permite mejores condiciones en el proceso de compostaje reflejándose en los resultados de temperatura, humedad y pH obtenidos en este estudio.

4.2. Contenido nutrimental de las compostas

En el contenido de nitrógeno (N), se observó que, en ambas compostas, cuando fueron removidas diariamente se presentaron los mayores valores: 0.71 % (caprino) y 0.46 % (bovino); que fueron más altos que en remoción cada tercer día (0.59 % y 0.41 %, respectivamente). En cuanto a fósforo (P), también los valores más altos correspondieron a la remoción diaria de las compostas: caprino (1700 mg/kg) y bovino (700 mg/kg) y para remoción cada tercer día (1600 mg/kg y 700 mg/kg). Con relación al potasio (K), la remoción cada tercer día presento valores más altos: caprino (10400 mg/kg), bovino (2899.9 mg/kg), que la remoción diaria, (5000 y 2700 mg/kg, respectivamente). En calcio (Ca), el valor más alto fue en las compostas de caprino que se removió cada tercer día con 14599.9 mg/kg, magnesio (Mg) fue mayor en las composta caprino que se removió diario con 4100 mg/kg, sodio (Na)

fue mayor en la composta caprino que se removió cada tercer día con 1200 mg/kg y azufre (S) por igual en composta caprino que se removió cada tercer día con 1600 mg/kg (Cuadro 7).

Cuadro 7. Macronutrientes presentes en los cuatro tratamientos de compostas caprino y bovino.

Compostas	N %	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Na mg/kg	S mg/kg
C+RD	0.71	1700	5000	12600	4100	500	1100
C+RTD	0.59	1600	10400	14599.9	3499.9	1200	1600
B+RD	0.46	700	2700	3300	2300	200	1100
B+RTD	0.41	700	2899.9	2300	3300	200	400

C+RD: composta caprino remoción diaria; C+RTD: composta caprino remoción cada tercer día; B+RD: composta bovino remoción diaria; B+RTD: composta bovino remoción cada tercer día. Nitrógeno(N), Fósforo(P), Potasio(K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na), Azufre(S).

Olivares *et al.* (2012) en suelos fertilizados con lombricomposta y composta de ganado vacuno, encontraron contenidos en N de 1.20 % y 1.86 %, P con 5400 mg/kg y 7199.9 mg/kg y K con 1200 mg/kg, respectivamente; estos valores de N y P son mayores a los encontrados en esta investigación, en los cuatro tratamientos a base de estiércol caprino y bovino; mientras que el K, de este estudio, fue mayor.

Da costa *et al.* (2018), indican que en compostas de residuos sólidos orgánicos domiciliarios con residuos vegetales y estiércol bovino al final del compostaje presentaron valores de N con 0.83 %, P con 7500 mg/kg y K con 5250 mg/kg, que también superaron los tratamientos de este estudio. Por otra parte, López *et al.* (2018) indican que en compostas de caprino obtuvieron N con 2.7 %, P con 8355 mg/kg, K con 24900 mg/kg; mientras que, en bovino, el N fue de 1.9 %, P con 8725

mg/kg y K con 28400 mg/kg, estos valores también fueron mayores a los obtenidos en este estudio.

Ramírez *et al.* (2021), en una caracterización de abonos orgánicos destacando la composta elaborada con distintos componentes de suelos florícolas y utilizando estiércol de bovino, se presentaron en N de 2.22 %, 3.18 %, 0.86 %, 1.51 %, 0.64 %, P de 177.42 mg/kg, 343.98 mg/kg, 194.12 mg/kg, 182.29 mg/kg, 186.96 mg/kg y en K de 3200 mg/kg, 4400 mg/kg, 3200 mg/kg, 200 mg/kg, en cuanto al N fue mayor en los dos tratamientos de este estudio a base de bovino, a diferencia del P que fue menor y el K también fue mayor; las compostas al ser preparadas de diferentes residuos orgánicos difieren en su valor agronómico.

Los contenidos de micronutrientes de compostas de caprino con remoción diaria, hierro (Fe) 14648 mg/kg, cobre (Cu) 9.73 mg/kg, manganeso (Mn) 350 mg/kg, zinc (Zn) 91.08 mg/kg, boro (B) 0.10 mg/kg y caprino con remoción cada tercer día, Fe 6745 mg/kg, Cu 9.04 mg/kg, Mn 204 mg/kg, Zn 76 mg/kg, B 3.35 mg/kg, presentando mayor cantidad de micronutrientes las compostas que se removieron diario, mientras que el Boro fue mayor en las que se removieron cada tercer día. Los micronutrientes de las compostas de bovino con remoción diaria, Fe 12136 mg/kg, Cu 11.46 mg/kg, Mn 250 mg/kg, Zn 66.16 mg/kg, B 0.10 mg/kg, las compostas de bovino con remoción cada tercer día, Fe 12564 mg/kg, Cu 11.87 mg/kg, Mn 289 mg/kg, Zn 113 mg/kg, B 0.00010 mg/kg, obteniendo diferencia en algunos micronutrientes como es el caso del Fe, Cu, Mn y Zn estuvieron más alto en las compostas que se removieron cada tercer día Cuadro 5.

López *et al.* (2018), mencionan el contenido de micronutrientes encontrado en composta de caprino fueron: Fe con 3235 mg/kg, Zn con 350 mg/kg, Cu con 46.5

mg/kg, Mn con 870 mg/kg, B con 950 mg/kg y en la composta de bovino: Fe con 3840 mg/kg, Zn con 465 mg/kg, Cu con 57.5 mg/kg, Mn con 640 mg/kg, B con 1265 mg/kg, valores mayores a los obtenidos en este estudio.

Hernández *et al.* (2020) en compostas de caprino encontró el Fe con 402.63 mg/kg, Mn con 362.70 mg/kg, Cu con 38.15 mg/kg y Zn con 304.85 mg/kg; mientras que, en estiércol bovino fueron: Fe con 545 mg/kg, Mn con 166.35 mg/kg, Cu con 20.40 mg/kg y Zn con 131.3 mg/kg; los valores del Fe y Mn fueron menores a los obtenidos en este estudio.

Oviedo *et al.* (2014), indica que la remoción frecuente de compostaje provoca valores bajos en los macro y micronutrientes debido a la frecuencia de los volteos en las pilas de compostaje ocasionando la liberación del NH_3 y el cual suele ser volatizado por el aumento de la temperatura y el pH durante los volteos, por lo cual los volteos de compostaje en este estudio fueron demasiado frecuentes lo que pudo a ver ocasionado por igual la disminución de los macro y micronutrientes.

La relación de C/N en composta de caprino con remoción diaria y caprino con remoción cada tercer día, fueron de 17.3 y 10.0 y la materia orgánica de 21.1 % y 10.1 % presentando valores más altos en las compostas de caprino con remoción diaria. En las compostas de bovino con remoción diaria y bovino con remoción cada tercer día, la relación C/N fue de 21.3 y 16.8 y la materia orgánica de 16.9 % y 11.9 % presentando valores más altos en las compostas de bovino con remoción diaria, en comparación a los dos tipos de composta los valores más altos en cuanto a los macro y micronutrientes, la relación C/N y materia orgánica fueron las composta de caprino con remoción diaria como se muestra (Cuadro 8).

Cuadro 8. Micronutrientes presentes en los cuatro tratamientos de compostas caprino y bovino.

Compostas	Fe mg/kg	Cu mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg	B mg/kg	M.O %	C/N
C+RD	1465	9.737	350	91.08	0.10	21.1	17.3
C+RTD	6745	9.0460	204	76.00	3.35	10.1	10.0
B+RD	1214	11.46	250	66.16	0.10	16.9	21.3
B+RTD	1256	11.87	289	113	0.0010	11.9	16.8

C+RD: composta caprino remoción diaria; C+RTD: composta caprino remoción cada tercer día; B+RD: composta bovino remoción diaria; B+RTD: composta bovino remoción cada tercer día. Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Boro (B), M.O (Materia orgánica), C/N (Relación Carbono-Nitrógeno).

Olivares *et al.* (2012) reportaron en la lombricomposta ganado vacuno, la relación C/N de 8.13 y la materia orgánica (MO) con 0.78 % valores menores a los obtenidos en los cuatro tratamientos de este estudio. Por otra parte, López *et al.* (2018) reportaron una relación C/N en composta de caprino de 15.2 y bovino de 20.7; de ellas, la composta de caprino fue inferior a la encontrada en este estudio de compostas de caprino que se removieron diariamente; mientras que, para bovino, tuvieron mayor valor.

En un estudio por Da Costa *et al.* (2018) utilizando residuos sólidos orgánicos con residuos vegetales y estiércol bovino al final del compostaje presentó un valor en la relación C/N de 12.1, en comparación a los tratamientos de este estudio únicamente es mayor a la composta caprino + remoción cada tercer día. También, Acebedo *et al.* (2020) menciona en un estudio realizado con enmiendas orgánicas a base de estiércol vacuno y ovino una materia orgánica (MO) 18.19 % y 20.22 %, respectivamente, en cuanto a la relación C/N de 10.43 y 12.82, siendo superior la materia orgánica a los tratamientos de este estudio y la relación C/N solo fue inferior

en los tratamientos de las compostas de caprino con remoción cada tercer día. Colín *et al.* (2018) en compost de estiércol caprino obtiene una materia orgánica (MO) de 72.2 % y una relación C/N de 15.9, siendo la materia orgánica mayor a la obtenida en este estudio y la relación C/N solo fue menor en las compostas de caprino con remoción cada tercer día de este estudio.

4.3. Calidad microbiológica de las compostas

4.3.1 Determinación de coliformes totales y fecales

Con el cuadro de la NOM-210-SSA1-2014 de NMP (Cuadro 3), se determinó el número de coliformes en las muestras de composta de acuerdo con los tubos positivos del verde brillante (coliformes totales) y caldo E. C. (coliformes fecales) en el siguiente cuadro se muestran los tubos positivos y negativos de las diluciones de los cuatro tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tubos positivos para coliformes totales y fecales.

Diluciones	Caldo verde brillante									Caldo E. C.								
	10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³			10 ⁻¹			10 ⁻²			10 ⁻³		
Tubos	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
C+RD	+	-	+	+	-	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-
C+RTD	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-
B+RD	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
B+RTD	+	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-

C+RD: composta caprino remoción diaria; C+RTD: composta caprino remoción cada tercer día. B+RD: composta bovino remoción diaria; B+RTD: composta bovino remoción cada tercer día.

Las muestras de los cuatro tratamientos compostas caprino + remoción diaria y composta caprino + remoción cada tercer día, presentaron resultados en coliformes totales de 28 NMP/ g en ambos tratamientos y coliformes fecales de 15 NMP/g en ambos tratamientos y los tratamientos de composta bovino + remoción diaria y

composta bovino + remoción cada tercer día, los resultados de coliformes totales de 20 NMP/ g en ambos tratamientos y coliformes fecales de 7.3 NMP/g en ambos tratamientos, conforme a la norma NADF-020-AMBT-2011, los cuatro tratamientos si cumplen con los límites de tolerancia ya que los resultados presentan un valor inferior (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resultados de análisis de Coliformes totales y fecales presentes en los cuatro tratamientos de composta caprino y bovino.

Análisis	Tolerancia	C+RD	C+RTD	B+RD	B+RTD
Coliformes totales	<1000 NMP/ g	28 NMP/ g	28 NMP/ g	20 NMP/ g	20 NMP/ g
Coliformes fecales	<1000 NMP/g	15 NMP/ g	15 NMP/ g	7.3 NMP/ g	7.3 NMP/ g

C+RD: composta caprino remoción diaria; C+RTD: composta caprino remoción cada tercer día; B+RD: composta bovino remoción diaria; B+RTD: composta bovino remoción cada tercer día.

4.3.2 Determinación y aislamiento de *E. coli*

De los tubos positivos de caldo E. C. se procedió a sembrar con estría cruzada medios de cultivo de agar MacConkey por lo que, en las cuatro muestras (Figura 22, A, B, C, D) se observaron colonias de color rosa bajito, brillantes, con elevación plana, tamaño grande, forma irregular y consistencia mucoide. El control positivo de *E. coli* (ATCC), (Figura 22, E) se observaron colonias medianas de color rosa, circulares, convexas, bordes redondeados.

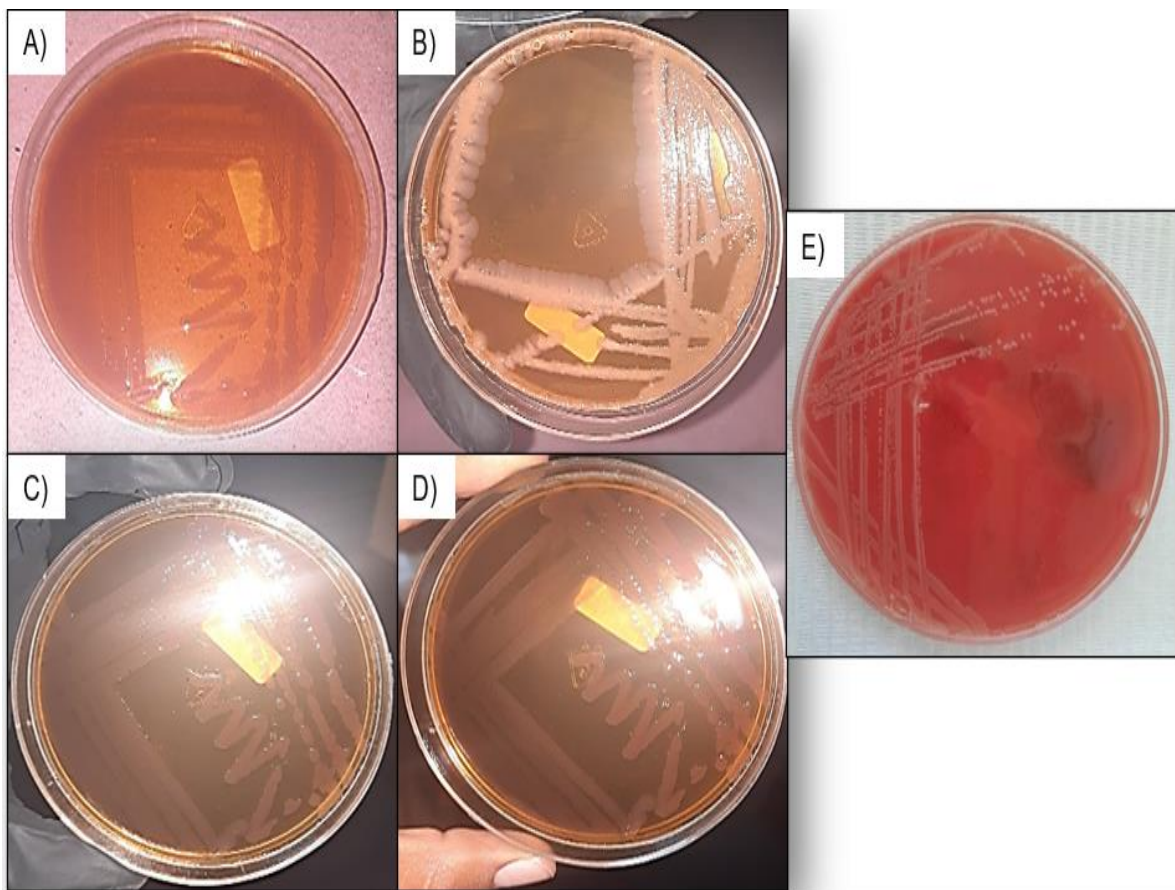


Figura 22. Colonias aisladas en agar MacConkey: A) y B) composta caprino (C+RD y C+RTD). C) y D) composta de bovino (B+RD y B+RTD). Control positivo *E.coli* (E).

4.3.3. Pruebas bioquímicas

Confirmación de pruebas bioquímicas para identificación de *Escherichia coli*, se inocularon dos colonias de las muestras C+RTD y B+RTD, con características similares al microorganismo específico en tubos de Citrato de koser, Voges-proskauer (VP) y rojo de metilo (RM), donde las dos colonias fueron negativas porque el citrato no presento turbidez y el VP no presento ninguna reacción y el RM un halo amarillo (Figura 23, A,B,C), en el control positivo de *E.coli* (ATCC) se observa turbidez en el citrato, en el VP y el RM un halo rojo en la parte superior (Figura 23, D,E,F).

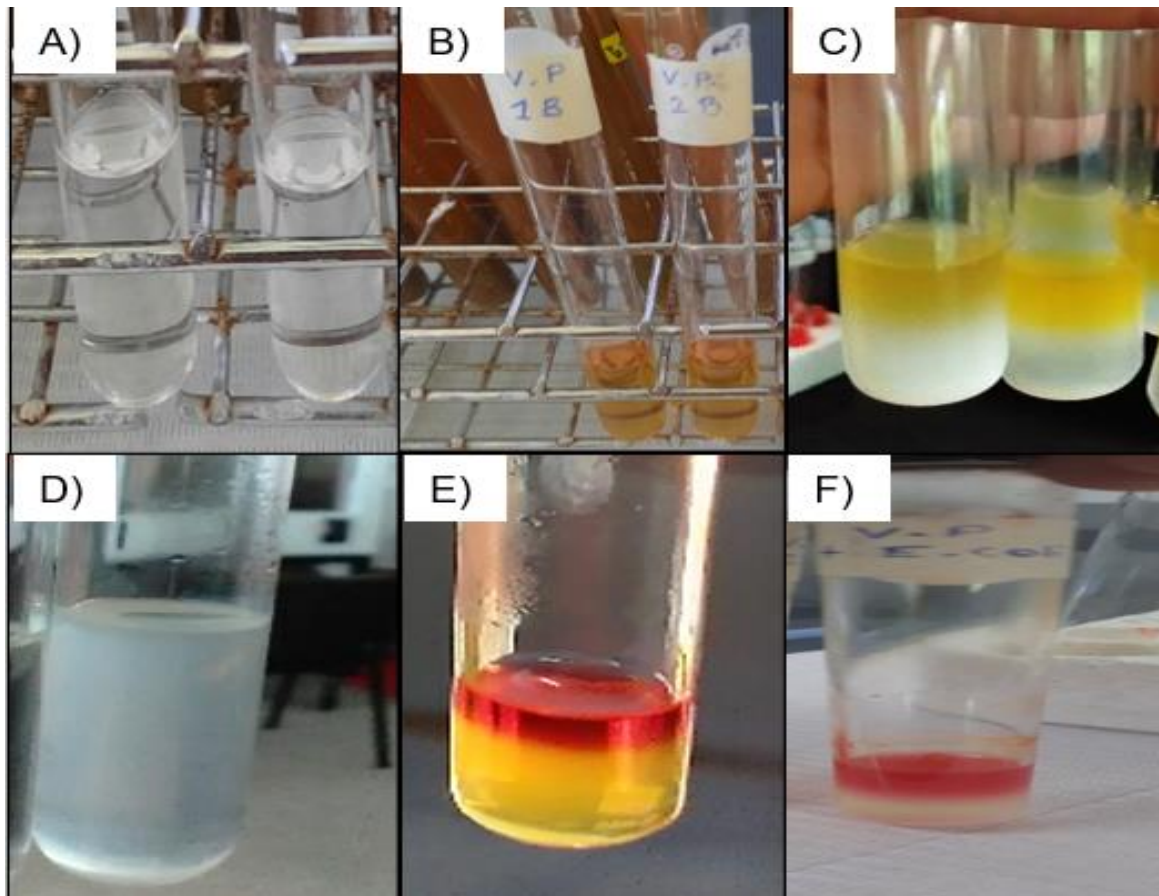


Figura 23. Pruebas bioquímicas de dos colonias de los tratamientos de composta caprino y bovino en tubos de citrato A), Voges-proskauer B) y Rojo de Metilo C). Control positivo de *E.coli* en tubos de citrato(D), VP(E) y RM(F).

4.3.4. Determinación de *Salmonella* sp.

Para la estimulación del crecimiento de *Salmonella* sp., utilizando el medio de enriquecimiento selectivo, el caldo Rappaport-Vassiliadis (RVS) y Caldo de Muller-Kauffmann tetrationato novobiocina (MKTTn). Las cuatro muestras de composta de caprino y bovino presentaron Presencia de turbidez en caldo RVS y presencia de turbidez y aspecto lechoso en caldo MKTTN, obteniendo un resultado negativo a *salmonella* sp. (Figura 24).



Figura 24. Muestras de los tratamientos de composta caprino y bovino.

Un control negativo a *Salmonella* sp., no presentó turbidez en el tubo en caldo RVS ni coloración verdosa en el caldo MKTTn, (Figura 25, A) y un control positivo a *Salmonella* sp. (ATCC) presenta una coloración verdosa en el caldo MKTTn, y turbidez en el tubo en caldo RVS (Figura 25, B).

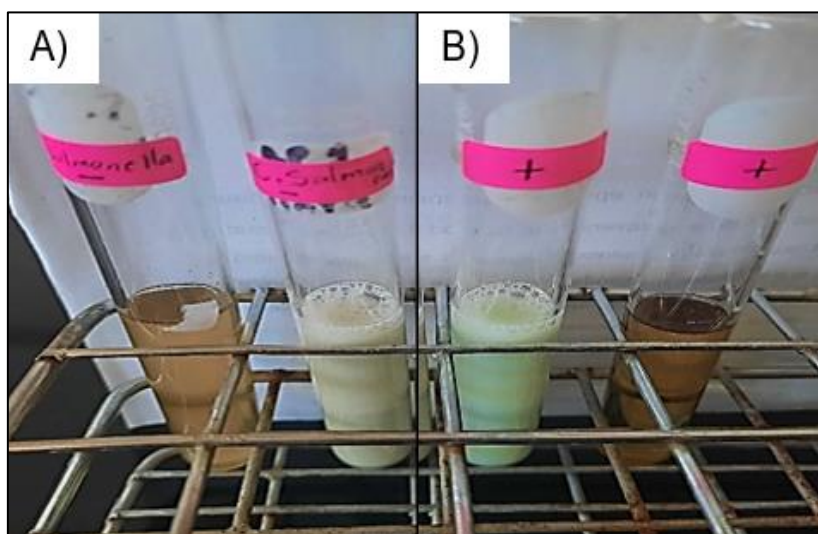


Figura 25. Control negativo en tubo MKTTn y en tubo RVS, A), control positivo a *Salmonella* sp. en tubo MKTTn y en tubo RVS, B).

4.3.5. Aislamiento de *Salmonella* sp.

Para identificar a las colonias típicas de *Salmonella* sp. se inocularon los medios de enriquecimiento selectivo en agares selectivos y diferenciales EH, XLD, VB y ASB. El crecimiento bacteriano en Agar sulfito de bismuto (ASB) en las cuatro muestras de los tratamientos C+RD y C+RTD (Figura 26, A y B), B+RD y B+RTD (Figura 26, C y D) se mostraron colonias de color marrón-verde, presuntivamente *Escherichia coli*. Un control positivo a *Salmonella* sp., (Figura 26, E) presentó colonias color negro con brillo metálico.

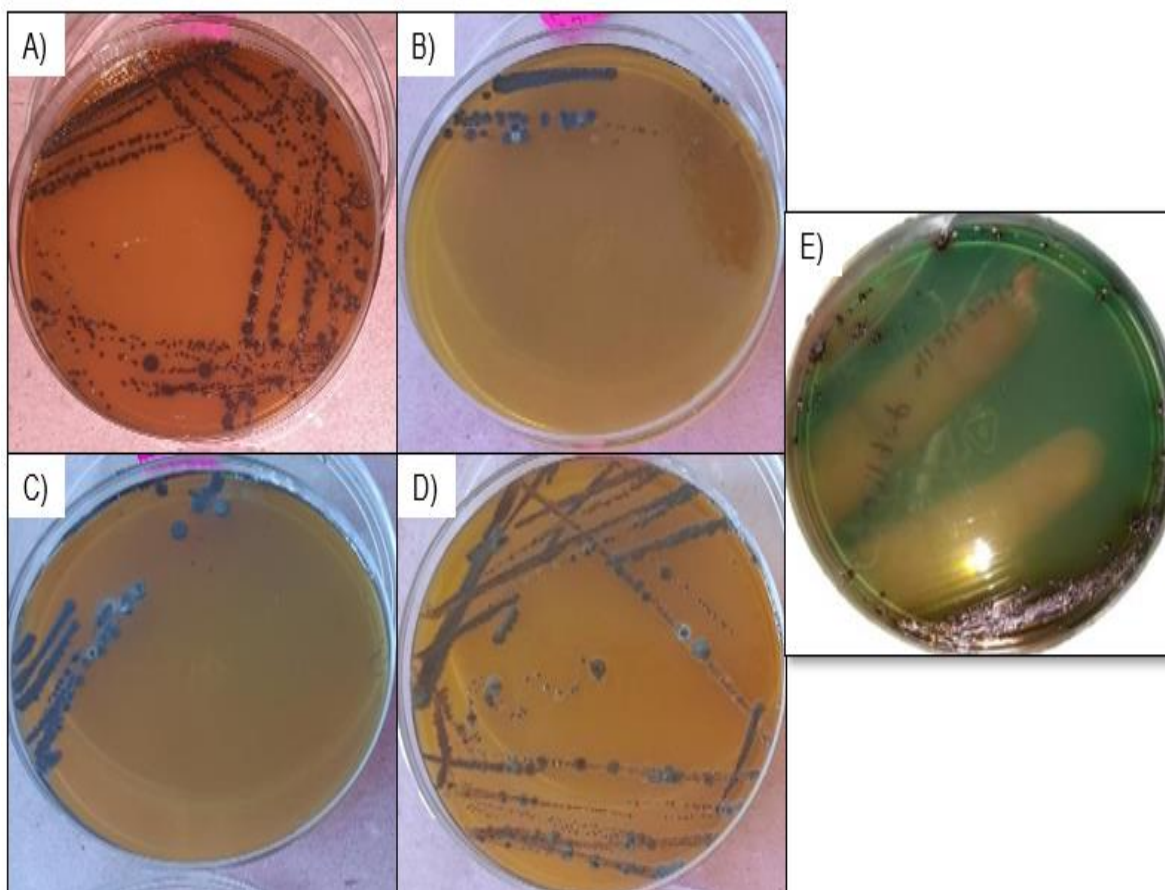


Figura 26. Colonias aisladas en agar ASB: A) y B) composta caprino (C+RD y C+RTD). composta de bovino (B+RD y B+RTD) C) y D). Control positivo *Salmonella* sp. E).

El crecimiento bacteriano en Agar xilosa lisina desoxicolato (XLD) en las cuatro muestras de los tratamientos C+RD y C+RTD, (Figura 27, A y B), B+RD y B+RTD, (Figura 27, C y D) se mostraron colonias grandes, planas de color amarillo y en el control positivo a *Salmonella* sp. (Figura 27, E) presentó colonias de rojo a amarillo con centros de color negro.

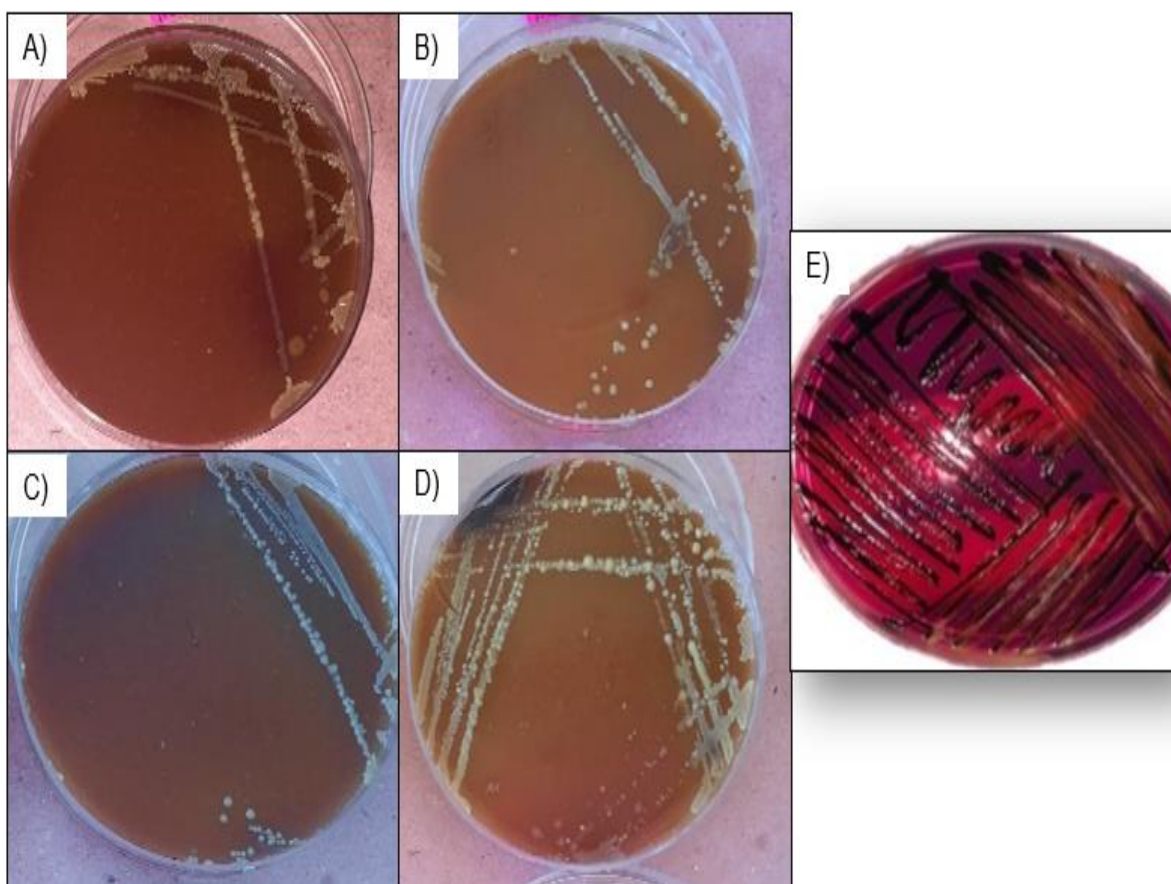


Figura 27. Colonias aisladas en agar XLD: A) y B) composta caprino (C+RD y C+RTD). composta de bovino (B+RD y B+RTD) C) y D). Control positivo *Salmonella* sp. E).

El crecimiento bacteriano en Agar verde brillante (VB) en las cuatro muestras de los tratamientos C+RD y C+RTD (Figura 28, A y B) y B+RD y B+RTD (Figura 28, C y D) se mostraron colonias amarillo- crema sobre fondo amarillo y un control positivo a *Salmonella* sp., presentó colonias blanco-rosadas o transparente sobre fondo rojo (Figura 28, E).

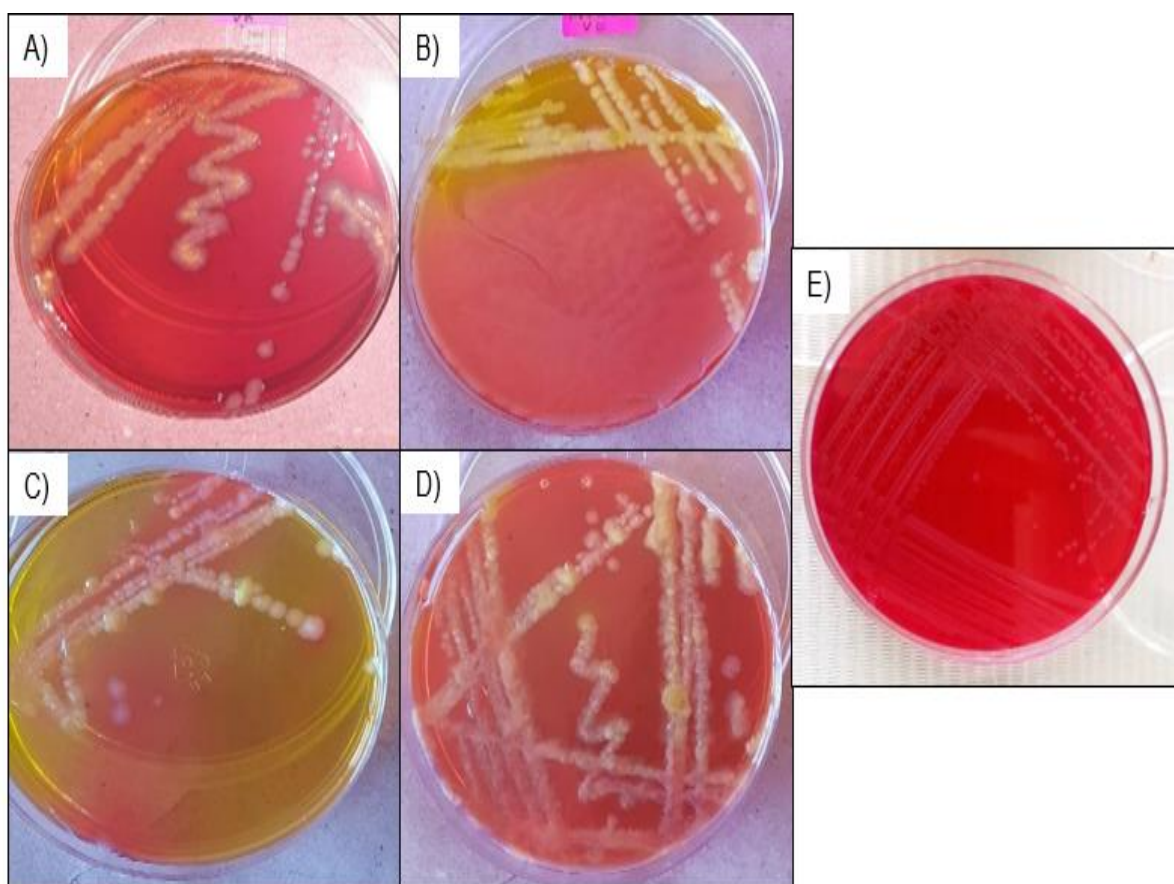


Figura 28. Colonias aisladas en agar VB: A) y B) composta caprino (C+RD y C+RTD). composta de bovino (B+RD y B+RTD) C) y D). Control positivo *Salmonella* sp. E).

El crecimiento bacteriano en Agar Entérico de Hektoen (EH) en las cuatro muestras de los tratamientos C+RD y C+RTD (Figura 29, A y B), B+RD y B+RTD (Figura 29, C y D), se mostraron Colonias grandes, color amarillo o salmón y en el control positivo a *Salmonella* sp. (Figura 29, E) son Colonias de color verde a azul verdoso con centro negro.

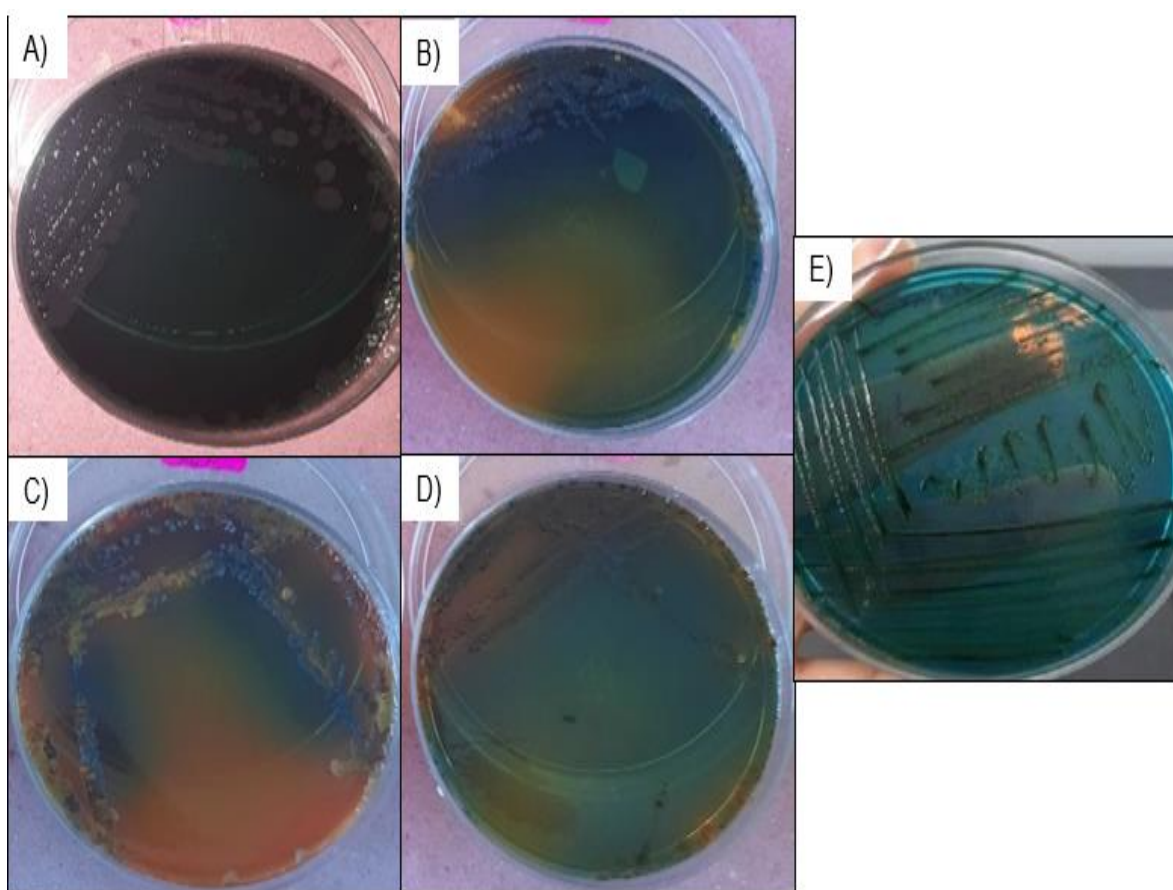


Figura 29. Colonias aisladas en agar EH: A) y B) composta caprino (C+RD y C+RTD). composta de bovino (B+RD y B+RTD) C) y D). Control positivo *Salmonella* sp. E).

4.3.6 Pruebas bioquímicas

Confirmación de pruebas bioquímicas para la identificación de *Salmonella* sp., las cuatro muestras de los tratamientos C+RD y C+RTD, (Figura 30, A y B) B+RD y B+RTD (Figura 30, C y D) fueron negativas, ya que no hubo producción de ácido sulfhídrico y formación de gas en Hierro y en Lia, únicamente el medio lisina fue positivo en los tratamientos C+RTD y B+RTD (Figura 30, B y D), el control positivo presentó y una coloración púrpura en Lisina y producción de ácido sulfhídrico con formación de gas en Hierro y Lia (Figura 30, E).

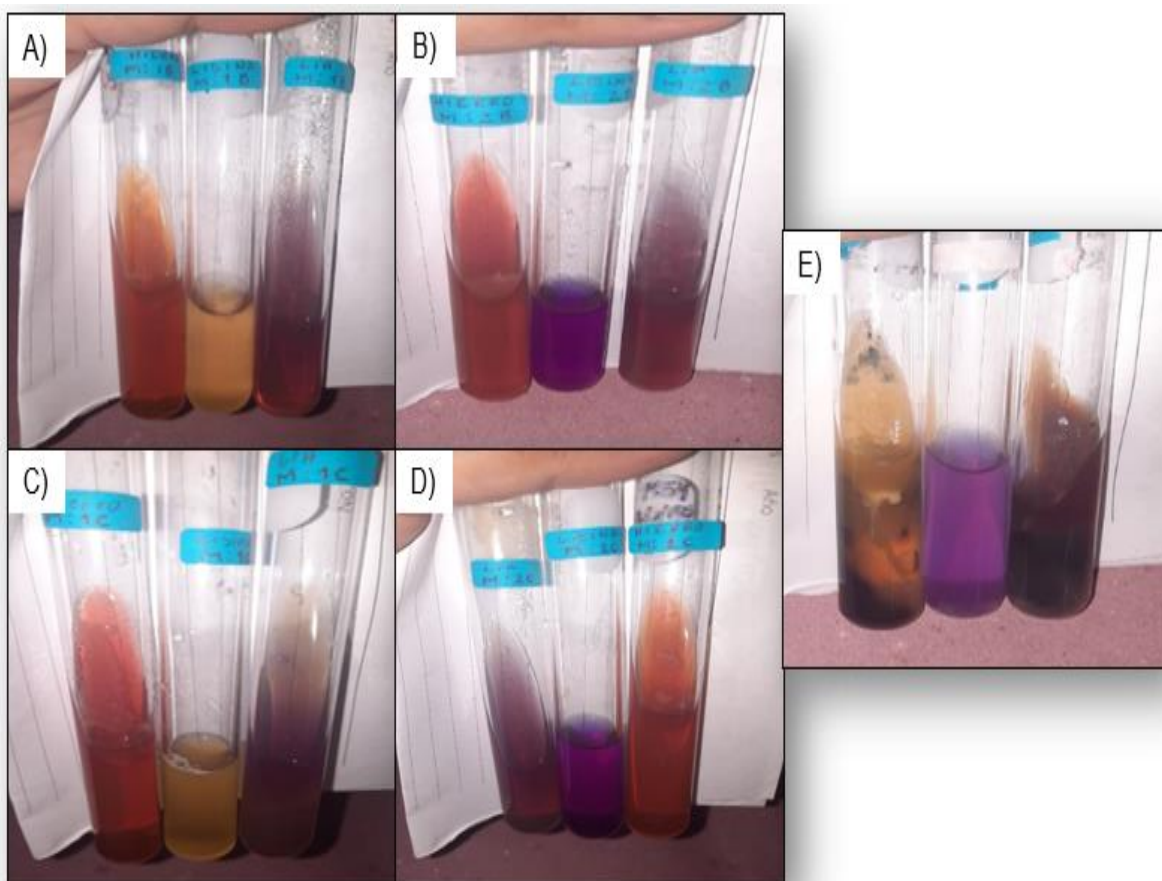


Figura 30. Crecimiento bacteriano en agar hierro, lisina y lia de compostas de caprino (C+RD y C+RTD), (A y B). En compostas de bovino (B+RD y B+RTD), (C y D). Control positivo a *Salmonella* sp. (E).

Las pruebas bioquímicas para identificación de *Salmonella* sp y *Escherichia coli* de los cuatro tratamientos presentaron resultados negativos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados de análisis de *Salmonella* sp. y *Escherichia coli* presentes en los cuatro tratamientos de composta caprino y bovino.

Análisis	Tolerancia	C+RD	C+RTD	B+RD	B+RTD
<i>Salmonella</i> sp.	<3 NMP	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
<i>Escherichia coli</i>	<1000 NMP/ g	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

C+RD: composta caprino remoción diaria; C+RTD: composta caprino remoción cada tercer día; B+RD: composta bovino remoción diaria; B+RTD: composta bovino remoción cada tercer día.

Un estudio por Hernández *et al.* (2020) realizado en lombricomposta con tratamientos de estiércol caprino y bovino tuvieron resultados negativos en coliformes fecales y en *Salmonella* sp., en comparación a este estudio que presentó resultados positivos en coliformes fecales.

Guerrero y Monsalve, (2007) en compostaje derivado del sacrificio y faenado del ganado presentó coliformes fecales de 43 NMP/ g valor mayor a los obtenidos en los cuatro tratamientos de este estudio.

García *et al.*, (2019) en la identificación de microorganismos patógenos en compostaje de bovino hubo presencia de coliformes totales de 220 NMP/ g y ausencia de *Salmonella* sp., siendo mayor en coliformes totales a comparación de los tratamientos de este estudio.

Otro estudio de Colin *et al.* (2018) en compost y vermicompost de estiércol caprino tampoco se observó presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* sp.

Peralta *et al.* (2016) en un estudio de un abono orgánico con excretas de ganado bovino reporta en el análisis microbiológico la ausencia de coliformes totales y *Salmonella* sp., las compostas deben cumplir con especificaciones microbiológicas permisibles por lo cual las compostas de los tratamientos de este estudio si cumplen de acuerdo con el nivel de tolerancia.

4.4. Crecimiento vegetativo de plantas de zarzamora

Análisis de varianza para las variables de crecimiento de la zarzamora con efecto de la aplicación de compostas a base de estiércol caprino y bovino relacionadas con fechas de muestreo, con relación a las fechas de muestreo las variable: hojas jóvenes, maduras y viejas, altura, largo y ancho de hoja, área foliar total y área foliar promedio por hoja fueron altamente significativas (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza de las variables de crecimiento vegetativo en plantas de zarzamora

Variables	Coef Var	Media	Cuadrado de la media	Pr > F
Hojas jóvenes	39.31265	7.921875	276.867188	<.0001
Hojas maduras	30.66620	35.37500	13276.6315	<.0001
Hojas viejas	38.12754	3.812500	7.8216146	<.0005
Altura de la planta	7.286717	49.90625	4981.78255	<.0001
Largo de hoja	16.41154	10.18854	115.380846	<.0001
Ancho de hoja	16.75075	10.38607	82.063477	<.0001
Área foliar total	25.76939	40.77789	734.25422	<.0001
Área foliar promedio por hoja	25.36992	13.65760	74.130596	<.0001

Recuento de hojas jóvenes, maduras y viejas de acuerdo con las fechas de muestreo

El mayor número de hojas maduras fue en febrero (62.59 hojas/planta) misma que fue estadísticamente superior al mes de enero (36.79 hojas/planta) y diciembre (6.73 hojas/planta); para las hojas jóvenes el mayor valor fue en febrero (11.84 hojas/planta) el cual fue diferente de manera significativa al mes de diciembre (4.06 hojas/planta) y enero (7.85 hojas/planta), para las hojas viejas el mayor valor fue en febrero (4.17 hojas/planta) el cual fue diferente de manera significativa en el mes de diciembre (3.76 hojas/planta); enero (3.50 hojas/planta) (Figura 31).

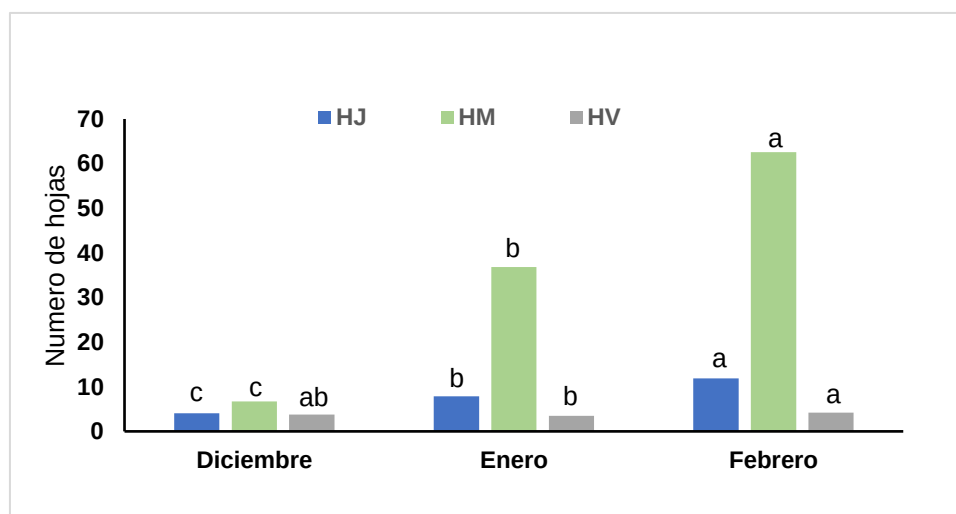


Figura 31. Numero de hojas jóvenes (HJ), maduras (HM) y viejas (HV) durante el crecimiento de platas de zarzamora. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En un estudio de índices de crecimiento en plantas de mora por Moreno *et al.*, (2016) se contó un promedio de 20 hojas maduras aproximadamente en un periodo de tres meses un valor menor a este estudio con un total de 62 hojas, un mayor número de hojas nos permite ver mejoras al cultivo, considerando la actividad fotosintética. Villamar, (2012) en un estudio de plantas de zarzamora presentó en hojas jóvenes a los 60 días de 6.76 (hojas/planta) valor menor al obtenido en este estudio que fue de 7.85.

Largo y ancho de hojas por planta de acuerdo con las fechas de muestreo

En relación con el largo de hoja se encontró que febrero (11.18 cm) presento el valor más alto, siendo superior a enero (10.62 cm) y diciembre (8.75 cm) con valores estadísticamente inferiores. En cuanto al ancho de hojas se encontró enero (11.15 cm) con poca diferencia a febrero (10.80 cm) por lo tanto, diciembre (9.20 cm) obtuvo los valores inferiores (Figura 32).

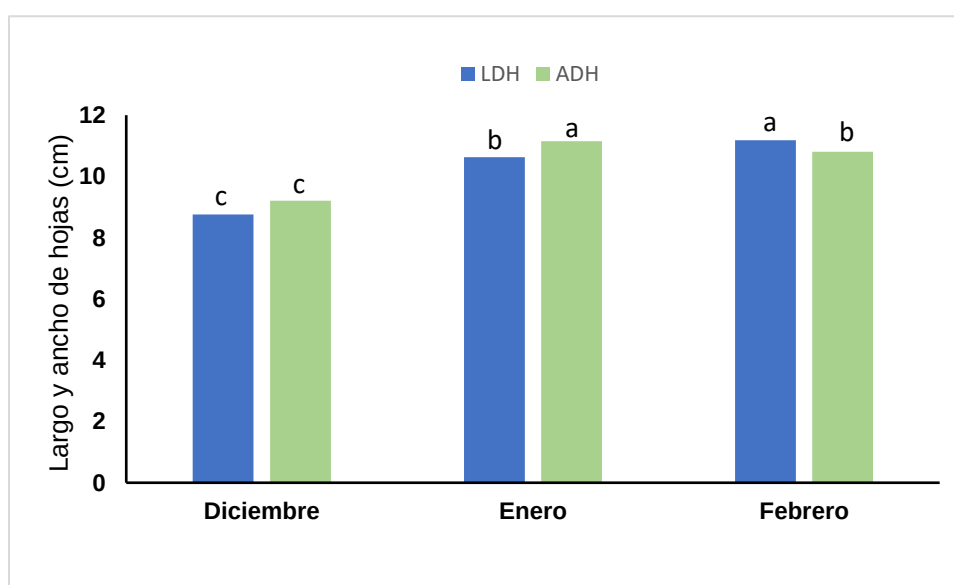


Figura 32. Largo de hojas (LDH) y ancho de hojas (ADH) por planta de zarzamora durante el crecimiento. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En un estudio realizado por Solís (2022) en tres cultivares de *Rubus* sp los cuales fueron “San Antonio”, “Castilla” y “Brazos” se tomó la longitud de hoja (cm) obteniendo como resultados 14.55 cm, 13.06 cm y 10.61 cm lo que viene siendo el largo de las hojas en comparación a este estudio 11.18 fue menor a los resultados de los cultivares San Antonio y Castilla y mayor al cultivar brazos que viene siendo el mismo cultivar.

Santos, (2021) en plantas de zarzamora presentó en largo de hojas con 12.15 cm y ancho de hoja 13.5 cm valores mayores a los obtenidos en este estudio.

Altura de planta de acuerdo con las fechas de muestreo

En el mes de febrero la altura de la planta (68.04 cm) fue estadísticamente superior a enero (48.68 cm); por lo tanto, diciembre (32.98 cm) se presentó un valor inferior en comparación a los otros meses (Figura 33).

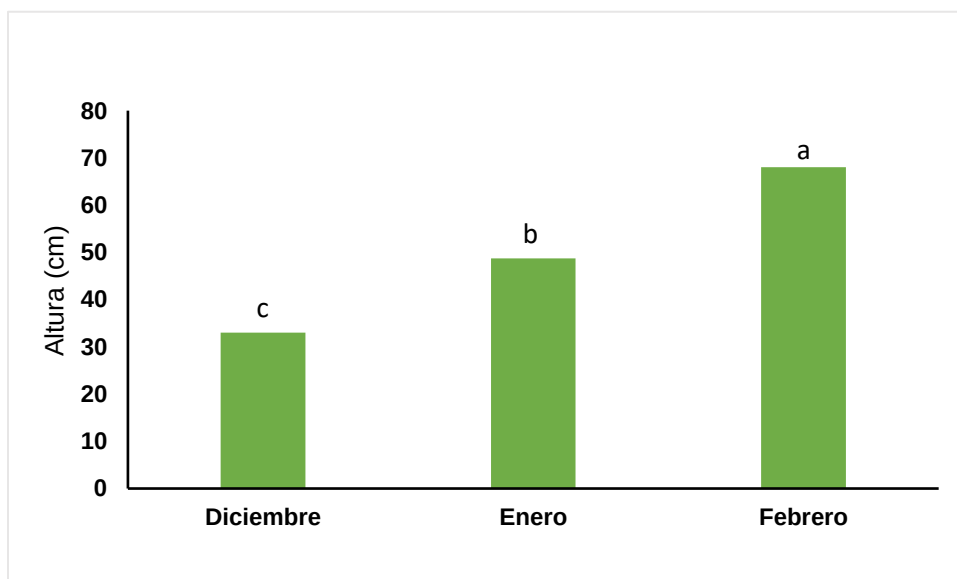


Figura 33. Altura por planta de zarzamora durante el crecimiento. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En un estudio realizado por Meza *et al.*, (2013), el crecimiento vegetativo de zarzamora de acuerdo con la altura de la planta fue mayor a 70 cm, comparado a este estudio es mayor, ya que presentaron una altura de 68.04 cm.

Por otra parte, Parra *et al.*, (2005), en brotación de zarzamora reportaron una altura de aproximadamente 60 cm similar a este estudio, considerando el aporte de nutrientes, la retención de agua por lo cual favorece el crecimiento. Otro estudio por Ordaz, (2015) en el primer mes inicio con una altura de 29.0 cm al tercer mes de 36.4 cm una altura menor a la obtenida en este estudio que inicio en el primer mes con 32.98 cm al tercer mes de 68.04 cm.

Área foliar total y promedio por hoja en planta de acuerdo con las fechas de muestreo

En el mes de febrero con relación al área foliar total (46.04 cm²) se encontró que fue estadísticamente superior a enero (43.52 cm²) y diciembre (34.61 cm²).

En cuanto al mes de febrero en relación con el área foliar promedio (15.35 cm²) fue estadísticamente mayor a los meses enero (14.51 cm²) y Diciembre (11.74 cm²) (Figura 34).

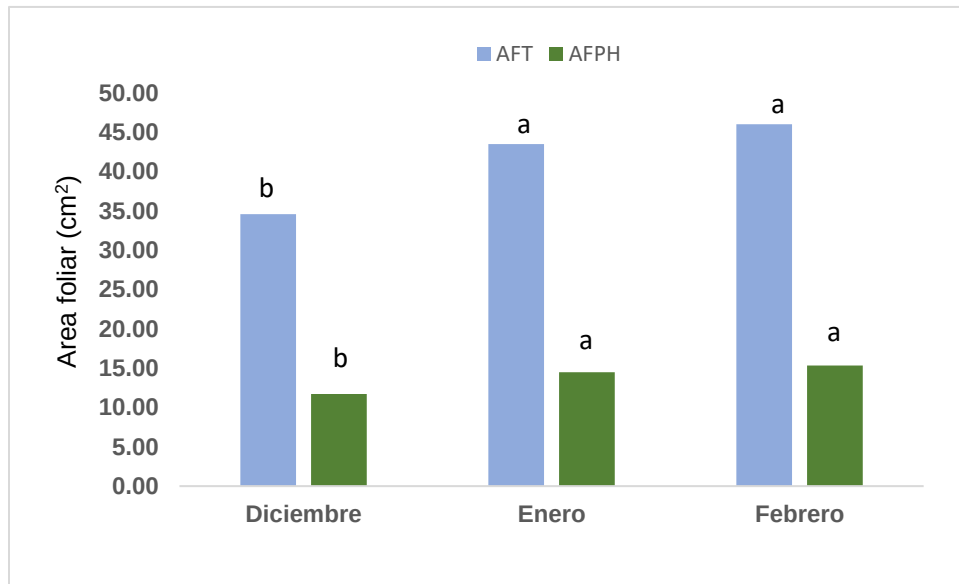


Figura 34. Área foliar total (AFT) y Área foliar promedio por hoja (AFPH). LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Villamar, (2012), en plantas de zarzamora un área foliar total de 28.44 cm² a los dos meses un valor menor al obtenido en este estudio que a los dos meses fue de 43.52 cm².

Por otra parte, García, (2019) en plantas de zarzamora con varias combinaciones de abonos orgánicos tipo Bocashi y Composta reportó un área foliar menor de 14.45 cm² y mayor de 26.52 cm² en un periodo de cuatro meses, a diferencia de este estudio que fue en un periodo de tres meses y presenta un valor mayor de 46.04 cm².

Hojas jóvenes, maduras y viejas por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino

Referente al número de hojas por efecto de la composta se encontró que la composta caprino en hojas jóvenes (8.98 hojas/planta), hojas maduras (40.65 hojas/planta) y hojas viejas (4.28 hojas/planta) fue estadísticamente superior a la

composta bovino con un total de hojas jóvenes (6.85 hojas/planta), hojas maduras (30.09 hojas/planta) y hojas viejas (3.34 hojas/planta), Figura 35.

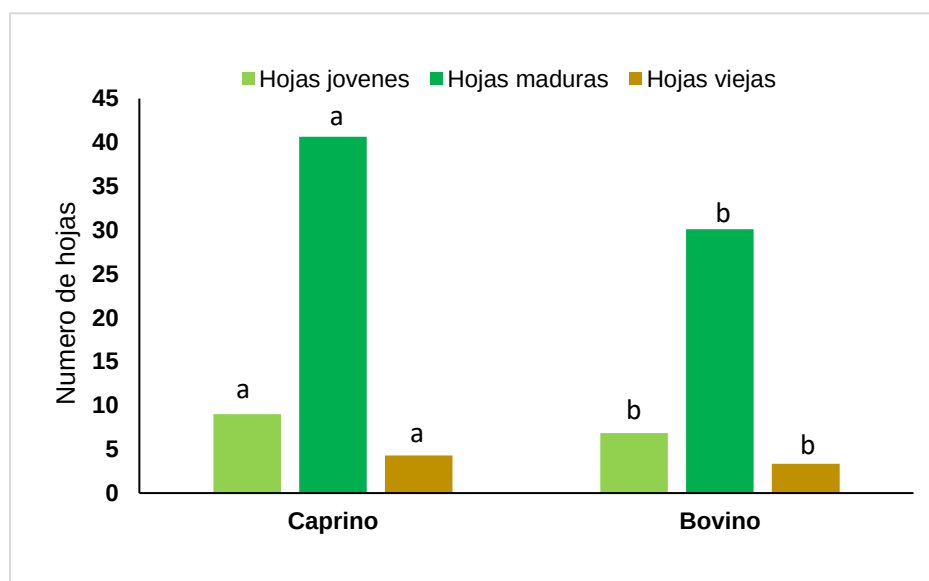


Figura 35. Hojas jóvenes, maduras y viejas por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Hojas jóvenes, maduras y viejas por efecto de remociones

En relación con el número de hojas por efecto de las remociones de las compostas se encontró que las compostas que se removieron diario en las hojas jóvenes (7.68 hojas/planta), hojas maduras (33.56 hojas/planta) y hojas viejas (3.82 hojas/planta) fueron estadísticamente inferiores a las que se removieron cada tercer día con hojas jóvenes (8.15 hojas/planta), hojas maduras (37.18 hojas/planta) y hojas viejas (3.80 hojas/planta) Figura 36.

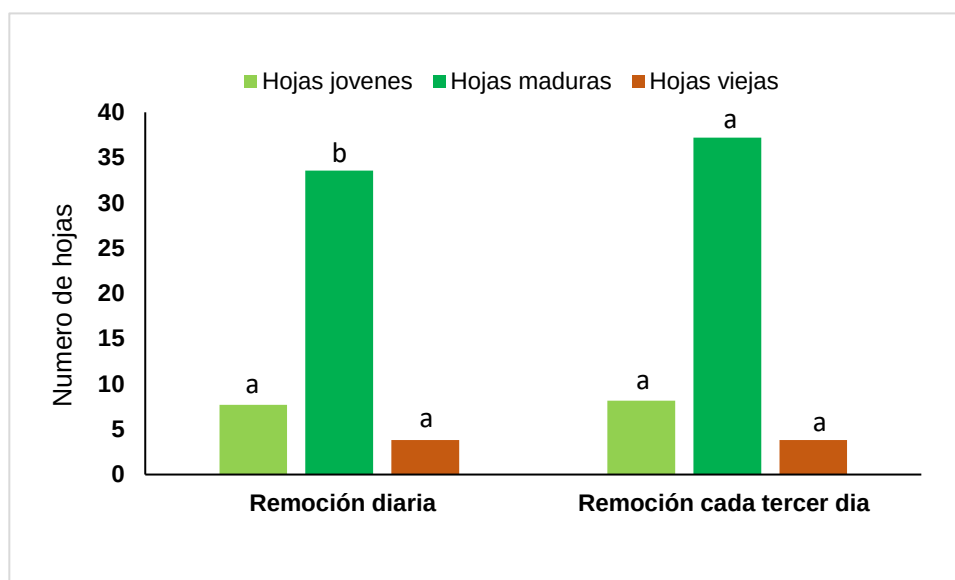


Figura 36. Hojas jóvenes, maduras y viejas por efecto de remociones. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Largo y ancho de hojas por efecto de aplicación de compostas caprino y bovino

Con relación al largo de hojas por efecto de la composta se encontró que la composta caprino (10.16 cm) fue estadísticamente igual al largo de hojas de la composta bovino (10.21 cm), al igual que el ancho de hojas por efecto de la composta caprino (10.35 cm) y el ancho de hojas por efecto de la compostas bovino (10.42 cm) fueron estadísticamente iguales (Figura 37).

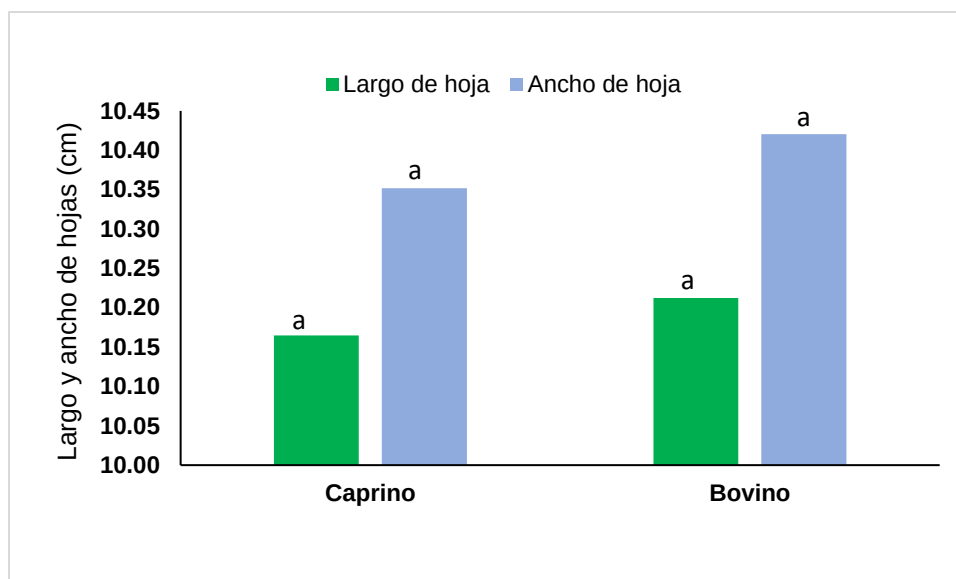


Figura 37. Largo y ancho de hojas por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Largo y ancho de hojas por efecto de remociones

En cuanto a las remociones de la composta diario, en el largo de hoja (10.11 cm) fue estadísticamente igual a la remoción cada tercer día respecto al largo de hoja (10.25 cm), al igual el ancho de hojas fueron estadísticamente igual a las que se removieron diario con 10.33 cm y las que se removieron cada tercer día (10.43 cm)

Figura 38.

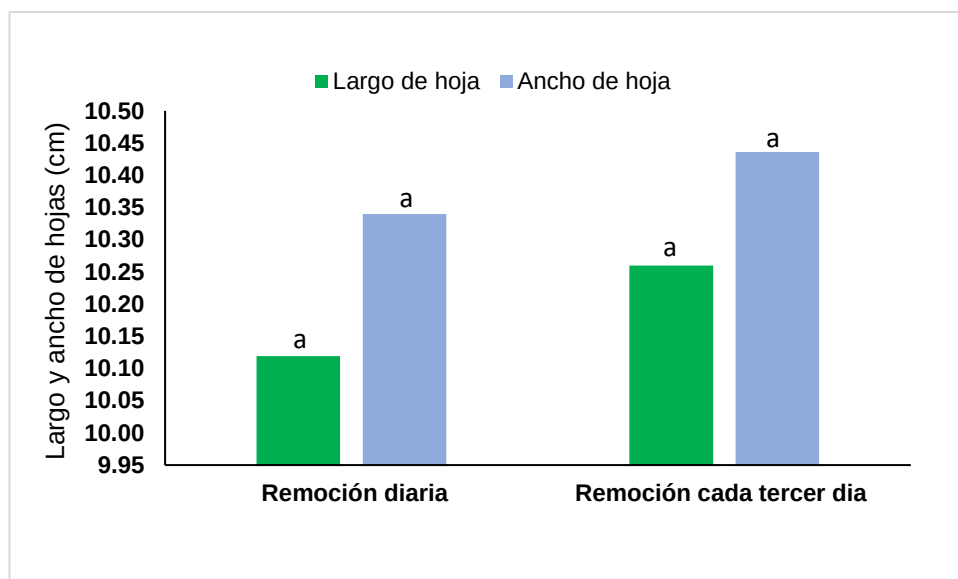


Figura 38. Largo y ancho de hojas por efecto de las remociones. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Altura de la planta por efecto de aplicación de compostas caprino y bovino

En relación con la altura de planta por efecto al tipo de composta se encontró que en la composta caprino (49.38 cm) fue estadísticamente inferior a la altura de la composta bovino (50.42 cm) Figura 39.

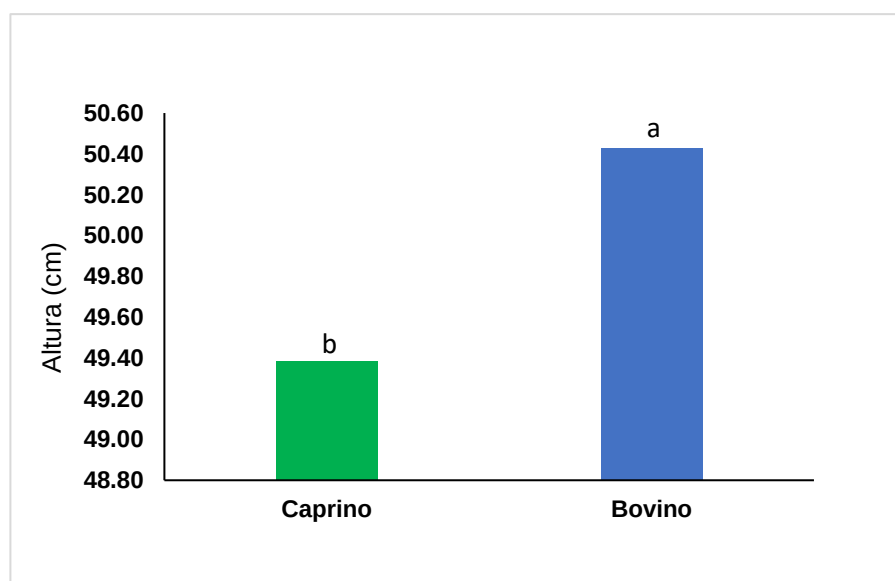


Figura 39. Altura de la planta por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Altura de la planta por efecto de remociones

En cuanto a las remociones la composta que se removió diario en relación con la altura fue 48.72 cm, estadísticamente inferior a la altura de las que se removieron cada tercer día (51.08 cm) Figura 40.

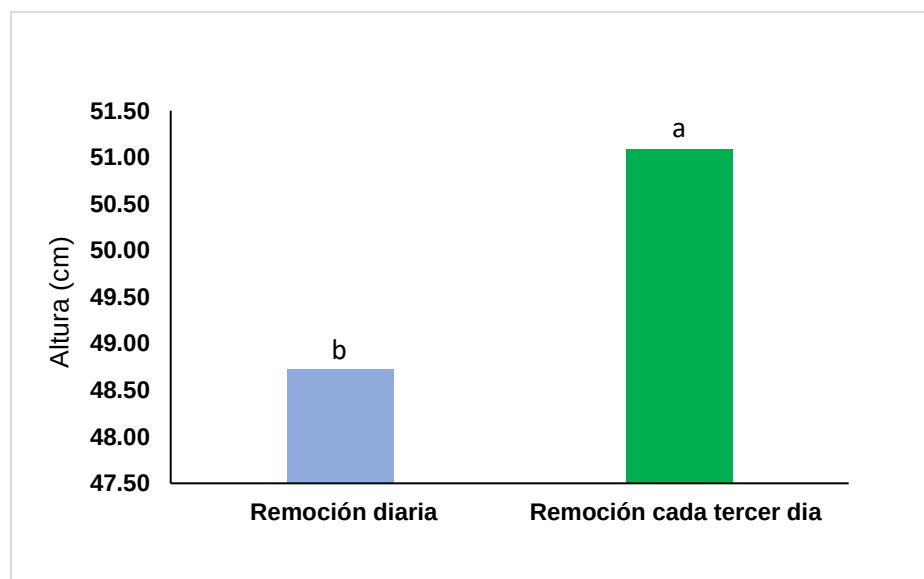


Figura 40. Altura de la planta por efecto de las remociones. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Área foliar total y Área foliar promedio por hoja en planta por efecto de la aplicación de compostas caprino y bovino

En relación con el efecto del tipo de composta se encontró que el área foliar total fue estadísticamente igual en la composta caprino (40.24 cm²) y la de bovino (42.54 cm²) al igual que en el área foliar promedio por hoja en composta caprino (13.55 cm²) y bovino (14.18 cm²) Figura 41.

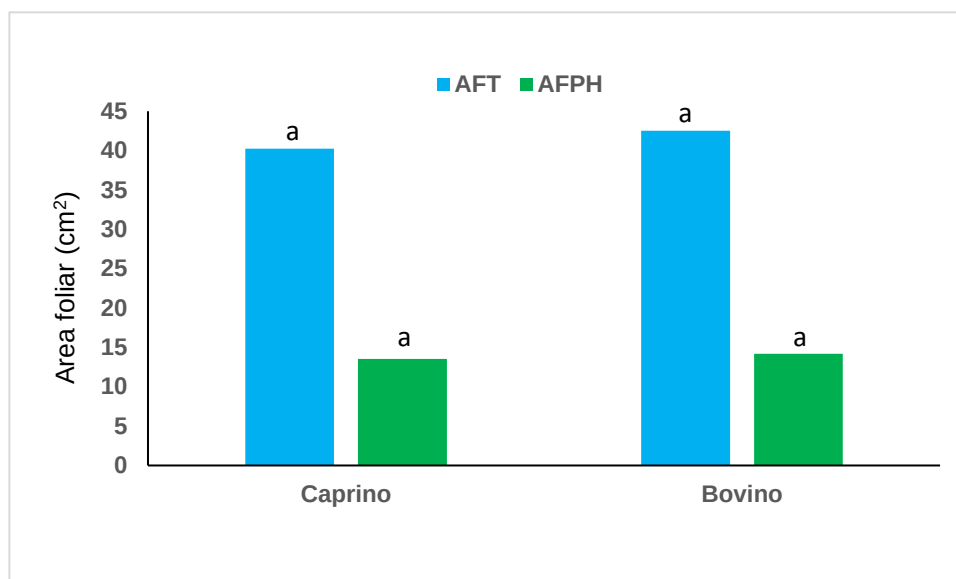


Figura 41. Área foliar total (AFT) y Área foliar promedio por hoja (AFPH) por efecto de la aplicación de composta caprino y bovino. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Área foliar total y Área foliar promedio por hoja en planta por efecto de remociones

De acuerdo con el tipo de remoción se encontró que el área foliar total fue estadísticamente igual en la remoción diaria (40.79 cm²) que en la remoción cada tercer día (41.99 cm²) al igual el área foliar promedio por hoja en remoción diaria (13.73 cm²) y remoción cada tercer día (13.99 cm²) Figura 42.

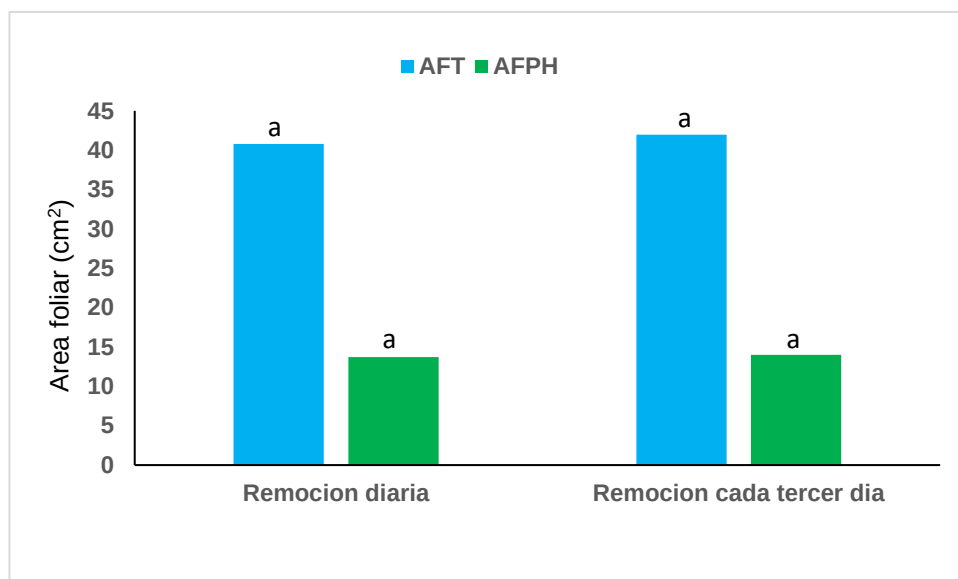


Figura 42. Área foliar total (AFT) y Área foliar promedio por hoja (AFPH) por efecto de las remociones. LSD ($\alpha \leq 0.05$). Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

V. CONCLUSIONES

Las temperaturas de las compostas de caprino y bovino presentaron un patrón de comportamiento similar durante el periodo de compostaje; en la cuarta semana (fase termófila) se obtuvo la temperatura más alta, la cual se considera que estuvo en condiciones óptimas para eliminar organismos patógenos.

La humedad de ambos tipos de composta durante el proceso de compostaje fue similar y se considera adecuada, para la actividad óptima de los microorganismos.

El pH de las compostas tuvo un patrón de comportamiento similar durante el compostaje; iniciaron con un pH ácido y terminaron con uno alcalino, pero en la composta de caprino, siempre fue más alto.

Las compostas que se removieron diariamente lograron mayor porcentaje de humedad que las removidas cada tercer día; mientras que la temperatura y pH fueron similares en ambos tipos de remoción.

Los contenidos de N, P y Mg fueron mayores, en ambas compostas, cuando fueron removidas diariamente; contrariamente, K, Ca, Na y S fueron mayores en compostas de remoción cada tercer día. La composta de estiércol caprino presentó mayor contenido de K, P, Ca, Mg, S y Na; mientras que la de bovino, de K.

La relación C/N de las compostas fue en bovino que en caprino; tanto en remoción diaria, como cada tres días.

La materia orgánica de compostas de caprino fue superior a la de bovino en remoción diaria; pero fue similar en remoción cada tres días.

Las compostas estudiadas, no presentan riesgo para su uso en los cultivos, puesto que los resultados de coliformes totales y fecales se encuentran entre los límites de

tolerancia al igual que los resultados negativos para la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* sp.

El efecto de las compostas en recuento de hojas jóvenes, viejas y maduras la composta caprino fue superior a la de bovino y en el largo y ancho de hojas, área foliar total y área foliar promedio por hoja fueron estadísticamente iguales en los dos tratamientos a diferencia de la altura que fue mayor en la composta de bovino.

En cuanto a las remociones en recuento de hojas jóvenes, maduras y viejas y la altura de la planta fue superior en la remoción cada tercer día, el largo y ancho de hojas, área foliar total y área foliar promedio por hoja fueron estadísticamente igual en las dos remociones.

VI. LITERATURA CITADA

- Acebedo, A.P., Taboada, G.O.R., Cruz, H.J. 2020. Caracterización de fertilizantes orgánicos y estiércoles para uso como componentes de sustrato. *Acta Agronómica*. 69:234-240.
- Beltrán, M.F.A., Nieto, G.A., Murillo, C.J.S., Ruiz, E.F.H., Troyo, D.E., Alcala, J.J.A., Murillo, A.B. 2019. Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana*.37: 371-378.
- Bohórquez Santana, W. 2019. El proceso de compostaje. Libros en acceso abierto. 72.
- Camacho, A.D., Martínez, L., Ramírez, S.H., Valenzuela, R., Valdés, M. 2014. Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*.32: 291-300.
- Camacho, A.M.G., Ortegón, A.M.P., Serrano, B., Velázquez, O. 2009. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. 2ª ed. Facultad de química, UNAM. México.
- Campos, R.R., Brenes, P.L., Jiménez, M.M. 2016. Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología en Marcha*. 25-32.
- Casierra, P.F., Peña, Z.G.R., Peña, O.J.E. 2007. Estimación indirecta del área foliar en *Fragaria vesca* L., *Physalis peruviana* L., *Acca sellowiana* (Berg.) Burret, *Rubus glaucus* L., *Passiflora mollissima* (Kunth) L. H. Bailey Y *Ficus carica* L. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*.11:95-102.

- Colin, N.V., Domínguez, V.I.A., Castelan, O.O.A., Garcia,M.A., Aviles, N.F. 2018. Propiedades químicas y microbiológicas del estiércol de caprino durante el compostaje y vermicompostaje.*Agrociencia*.53:161-173.
- Da Costa, F.D.A., Da Silva, D.N., Da Costa,F.A.K., Lima, V.C.B., De Sousa, J.F.S., Nascimento, P.V.C., Dos Santos, F.C., Navarro,V.M.A. 2018. Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios, vegetales y estiércol en el crecimiento de Lechuga. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.12:.464-474
- Del pino, A., Repetto, C., Mori, C., Perdomo, C. 2007. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamérica*.26:43-52.
- Delgado, A.M., Mendoza,L.K.L., Gonzalez, M.I.,Tadeo, L.J.L., Martin, S.J,V. 2019. Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustrato. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 35 (4) 965-977.
- Escobar, N., Arena, E.N., Marquez, M.S. 2020. Characterization of microbial populations associated with different organic fertilizers. *International Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture*.9:171-182.
- Espinosa, B.N., Ligarreto, M.G.A., Barrero, M.L.S., Medina, C.C.I. 2016. Variabilidad morfológica de variedades nativas de mora (*Rubus* sp) en los Andes de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.10:211-221.
- García, R. S. E. 2019. Evaluación de dos sustratos orgánicos para la propagación de hongos micorrícicos arbusculares nativos y su efecto en el rendimiento vegetal de plantas de zarzamora (*Rubus fruticosus* var. Tupi). *Tesis de maestría*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- García, R.C., Arozarena, D.N.J., Martínez, R.F., Hernández, G.M., Pascual, A.J.A., Santana, G.A. 2019. Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados. *Cultivos tropicales*. 40:1-33.
- González, V.J., Aravena, I.K., Curaqueo, F.G., Inostroza, B.C., Tighe, N.R. 2021. Comparison of composting dynamics of bovine manure, equine manure, and new shoots of *Ulexeuropaeus* L, *Archives of Agronomy and Soil Science*.10:2-17.
- Guerrero E., J., & Monsalve P., J. A. 2007. Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado. *Scientia Et Technica*, 1(34): 595-600.
- Hernández, L.M., Vidaña, M.S.A., Velázquez, C.T.E. 2020. Características químicas y microbiológicas de vermicomposta producida en el ITSL. *Revista Ciencia Ingeniería y Desarrollo Tecnológico Lerdo*.1:35-39.
- Herrera, O.V., Hernández, R.O.A., González, F.A.C., Núñez, B.A., Robles, H.L., Pérez, L.R. 2015. Identificación de bacterias cultivables patógenas al humano en semicompostas de residuos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.6:1189-1201.
- Ibáñez, M.A., Franco, M.O., Becerril, R.A.E., Ruiz, M.C., Reyes, L.D. 2006. Manejo del cultivo de Zarzamora en la sierra nororiental del estado de Puebla. *Frutales Alternativas para el Pueblo* .64-83.
- Jara, S.J., Cruz, T.A., Gallegos, N.J. 2021. Elaboración y caracterización de bioles de residuos orgánicos. *Intersedes*.22:189-203.
- López, C.X.A., Robles, P.C., Velasco, V.V.A., Ruiz, L.J., Enríquez, V, J.R., Rodríguez, O.G. 2015. Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *Ciencia Ergo*.22:145-152.

- López, F.S., Serrato, C.R., Castelán, O.O.A., Avilés, N.F. 2018. Comparación entre dos métodos de ventilación en la composición química de compost de estiércoles pecuarios. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*.34:263-271.
- Luna, F.W., Estrada, M.H., Jiménez, O.J.J.M., Pinzón, L.L.L. 2012. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*.30:343-353.
- Macías, D.R., Grijalva, C.R.L., Robles, C.F., López, C.A., Núñez, R.F. 2020. Respuesta de la composta sobre la fertilidad, humedad del suelo, contenido nutrimental en hojas y productividad en olivo. *Revista Mexicana Ciencias Agrícolas*.11:1189-1890.
- Méndez, M.A., Robles, C., Ruiz, V.J., Castañeda, H.E. 2018. Compostaje de residuos agroindustriales inoculados con hongos lignocelulósicos y modificación de la relación C/N. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9:(2),271-280.
- Meza, M.A.C., Romo, F.M.G., Duarte, O.V.R., Navarro, A.R. 2013. La zarzamora (*Rubus* sp.), Cultivo alternativo para el estado de Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*.33:600-607.
- Modupe, A.S., Oluwaseyi, O.S., Olubukola, B.O., Olu, O. 2020. Waste Management through Composting: Challenges and Potentials. *Sustainability*.12:1-23
- Moreno, M.B.L., Casierra, P.F., Blanke, M. 2016. Índice de crecimiento en plantas de mora (*Rubus alpinus* Macfad) bajo diferentes sistemas de poda. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*.10:28-39.
- Muhammad, Z.U.H., Muhammad, R., Vincenzo, D.F., Hawa, Z.J., Marius, M. 2014. *Rubus Fruticosus* L: Componentes, actividades biológicas y usos relacionados con la salud. *Moleculas*.19:10998-11029.

NADF-020-AMBT-2011, Que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el distrito federal. *Gaceta oficial del distrito federal*, 30 de noviembre del 2012.

NOM-004-SEMARNAT-2002, Lodos y biosólidos. -especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. *Diario oficial de la federación*, 15 de agosto del 2003.

NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. *Diario Oficial de la Federación*, 26 de Junio de 2015.

Olivares, C.A., Hernández, R.A., Vences, C.C., Jaquez, B.J.L., Ojeda, B.D. 2012. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia*.28:27-37.

Ordaz, R.J. 2015. Evaluación del crecimiento, composición de fenoles, flavonoides y actividad antirradical de las hojas de planta de zarzamora (*Rubus sp.*) cultivada orgánicamente. *Tesis profesional*. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Orozco, A.M., Calvo, A.J.A., Gamboa, T.J.A., Peraza, P.W., Varela, R.O., Orozco, R.R. 2017. Efecto de los abonos orgánicos en las cadenas tróficas del suelo cultivado con Mora. *Revista Agronomía Mesoamericana*.28:619-628.

Oviedo, O.E.R., Marmolejo, R.L.F., Torres, L.P. 2014. Influencia de la frecuencia de volteos para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista internacional de Contaminación Ambiental*.30:91-100.

- Parra, Q.R.A., Acosta, R.G.F., Arreola, A.J.G. 2005. Crecimiento y producción de zarzamora cv. Cheyenne con cubiertas orgánicas. *Terra Latinoamericana*.23:233-240.
- Peralta, V.L., Juscamaita, M.J., Meza, C.V. 2016. Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través de tratamientos de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*. 15:1-10.
- Pérez, A., Céspedes, C., Núñez, P. 2008. Caracterización física-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en república dominicana. *Revista de la Ciencia y el Suelo y Nutrición Vegetal*.8:10-29.
- Pérez, C.R., Pérez, C.A., Vertel, M.M.2010. Caracterización nutricional, fisicoquímica y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistema de pasturas en la subregión sabanas del departamento de sucre, Colombia. *Revista Tumbaga*.5:27-37.
- Ramírez, G.M.A., Vázquez, V.S., Méndez, G.I., Mejía, C.J. 2021. Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur de Estado de México. *Ciencia Universidad Autónoma de Tamaulipas*.16:150-161.
- Ramos, A.D., Terry, A.E. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para los suelos y plantas. *Cultivos tropicales*.35:52-59.
- Ríos, T.S., Agudelo, C.R.M., Gutiérrez, B.L.A. 2017. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*.35:236-247.

- Chaves, A.R., Campos, R.R., Brenes, P.L., Jiménez, M.M. 2018. Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica. *Tecnología en Marca*.32:39.53.
- Román, P., Martínez, M.M., Pantoja, A. 2013. Manual del compostaje del agricultor. FAO
- Sánchez, G. P. 2009. Manual de nutrición de zarzamora. Colegio de Postgraduados en *Ciencias Agrícolas*. 1-37.
- Santos, H.J.E. 2021. Producción forzada con defoliantes y podas en el cultivo orgánico de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.) en Coaxtlahuacán municipio de Mochitlán, Guerrero. *Tesis de maestría*. Universidad Autónoma de Guerrero.1-83.
- Solís, M. J.A. 2022. Respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. en sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo macrotúneles. *Acta Agronómica*. 70: 394-406.
- Tortarolo, M.F., Pereda, M., Palma, M., Arrigo, N.M. 2008. Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso del compostaje. *Ciencia del Suelo*.26:41-50.
- Velasco, V.J., Ferrera, C.R., Almaraz, S.J.J., Parkinson, R. 2016. Emisión de Amoníaco durante los procesos de compostaje y vermicompostaje: aspectos prácticos y aplicados. *Agroproductividad*. 9(8), 45-51.
- Villamar, E.O.G. 2012. Respuesta de las plántulas de mora (*Rubus glaucus Benth*) a la aplicación de bioestimulantes orgánicos y químicos en viveros. *Tesis de grado*. Universidad Técnica de Manabí.
- Yuda, H.C., Nurhayati, Y.A., Hariyani.P. 2016. Monitoreo biofísico del efecto en diferentes composiciones de estiércol de cabra y vaca sobre la respuesta del crecimiento del maíz apoyar la sostenibilidad. *ELSEVIER*.9:118-127.