

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST OBTENIDO DE RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DEL CAMAL “RÉGULO BERNAL TORRES” UTILIZANDO MICROORGANISMOS EFICACES™

Para optar el Grado Académico de

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por:

JAVIER ERNESTO MUÑOZ MORENO

Asesor:

M. Sc. VITOLY BECERRA MONTALVO

Cajamarca, Perú

2023

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Javier Ernesto Muñoz Moreno
DNI: 27725381
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias.
Programa de Maestría, Mención: Gestión Ambiental

2. Asesor: M.Sc. Vitoly Becerra Montalvo

3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor

4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:
Evaluación de la calidad del compost obtenido de residuos sólidos provenientes del camal "Régulo Bernal Torres" utilizando microorganismos eficacestm

6. Fecha de evaluación: **20/05/2024**

7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: **24 %**

9. Código Documento: **3117:356006911**

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: **01/08/2024**

*Firma y/o Sello
Emisor Constancia*


.....
M.Sc. Vitoly Becerra Montalvo
DNI: 27727452

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT @ 2023 BY
JAVIER ERNESTO MUÑOZ MORENO
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

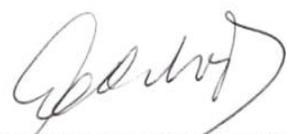
Siendo las 17:30 horas, del día 28 de agosto de dos mil veintitrés, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. JUAN EDMUNDO CHÁVEZ RABANAL**, **Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, **Dr. ELFER GERMÁN MIRANDA VALDIVIA**, y en calidad de Asesor el **M.Sc. VITOLY BECERRA MONTALVO**, actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL COMPOST OBTENIDO DE RESIDUOS SÓLIDOS PROVENIENTES DEL CAMAL “RÉGULO BERNAL TORRES” UTILIZANDO MICROORGANISMOS EFICACES™**, presentada por el **Bachiller en Ciencias Zootecnia JAVIER ERNESTO MUÑOZ MORENO**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó Aprobado con la calificación de Dieciséis (16) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Ciencias Zootecnia JAVIER ERNESTO MUÑOZ MORENO**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Siendo las 18:30 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.


.....
M.Sc. Vitoly Becerra Montalvo
Asesor


.....
Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
Jurado Evaluador


.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador


.....
Dr. Elfer Germán Miranda Valdivia
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Mi padre Pepe, por el esfuerzo y sacrificio de toda su vida para darnos la oportunidad de ser mejores personas para con nuestra familia y con la sociedad.

En memoria de mi madre Elsa, quien nos inculcó la perseverancia y el ímpetu para conseguir nuestras metas.

En memoria de mis familiares, amigos y muchos otros maravillosos seres humanos que no pudieron estar más con nosotros debido al estado de emergencia.

Javier Ernesto

AGRADECIMIENTO

A mi familia, quien estuvo siempre a la expectativa de mis logros como profesional.

A mis compañeros de la Maestría de Gestión Ambiental, mis “coleguitas”, con quienes compartimos aulas, experiencias y sacrificios para poder culminar nuestros estudios.

A mis profesores de la Maestría, los gestores para que se continúen cumpliendo mis objetivos y metas personales.

ÍNDICE

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Antecedentes de la investigación	3
2.2. Bases teóricas	8
2.2.1. Camal o matadero	8
2.2.2. Residuos	9
2.2.3. Residuos de mataderos o camal	9
2.2.4. Productores de olores	12
2.2.5. Sistemas de aprovechamiento del contenido ruminal	12
2.2.6. Abono orgánico o compost obtenido del contenido ruminal	13
2.2.7. Coliformes totales y termotolerantes	14
2.2.8. Nemátodos	15
2.2.9. Ventajas y desventajas del compost producido con Microorganismos Eficaces TM	15

2.2.10. Desarrollo de los EM	15
2.2.11. Clases de Microorganismos Eficaces TM	16
2.2.12. Funciones que realizan los principales grupos de microorganismos	19
2.2.13. Descripción de preparados comerciales de Microorganismos Eficaces TM	20
2.2.14. Factores que intervienen en el proceso de compostaje	20
2.2.15. Marco legal	22
2.3. Conceptos básicos	25
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	26
3.1. Ubicación de la investigación	26
3.2. Materiales	26
3.3. Metodología	28
a) Diseño de la investigación	28
b) Variables	29
c) Acondicionamiento de los residuos para elaborar el compost producido con Microorganismos Eficaces TM	29
d) Acondicionamiento de la sangre	29
e) Acondicionamiento del contenido ruminal	30
f) Acondicionamiento del estiércol	31
g) Activación de los Microorganismos Eficaces TM	31
h) Proceso de armado del material de partida	32
i) Aplicación de los Microorganismos Eficaces TM , activados (EMA)	32
j) Medición de los parámetros del proceso de compostaje	32
k) Periodo de evaluación del compost	33

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Caracterización de los parámetros de la materia prima inicial para el compostaje	34
4.2. Parámetros del compost producido utilizando diferentes dosis de Microorganismos Eficaces	34
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	69
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
CAPÍTULO VII: ANEXO	80
Anexo 1. Constancia de los análisis microbiológicos	80
Anexo 2. Constancia de los análisis físico-químico	82
Anexo 3. Datos de temperatura en campo	84
Anexo 4. Ficha técnica de BIOEM PERU	85
Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables de la Tesis	87
Anexo 6. Panel fotográfico: Acondicionamiento de los residuos	88
Anexo 7. Panel fotográfico: Inoculación de los microorganismos eficaces ME	93
Anexo 8: Panel fotográfico: Medición de parámetros y análisis de laboratorio	94

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Beneficio de Ganado durante el año 2017 en el Camal Municipal “Régulo Bernal Torres” de Jaén, Cajamarca	8
Tabla 2. Caracterización del abono orgánico producto del contenido ruminal de bovino	14
Tabla 3. Diseño experimental con tres repeticiones	28
Tabla 4. Diseño experimental con dos repeticiones	29
Tabla 5. Materia prima para el compostaje	32
Tabla 6. Temperatura semanal y promedios del compost según tratamientos	34
Tabla 7. Análisis de varianza ANOVA para la temperatura	37
Tabla 8. Valores del pH semanal y promedio del compost según tratamientos	38
Tabla 9. Análisis de varianza ANOVA para el Ph	40
Tabla 10. Prueba de significancia Duncan para la variable Ph	40
Tabla 11. Porcentaje de Nitrógeno total del compost según tratamientos	42
Tabla 12. Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de N	44
Tabla 13. Porcentaje de Fósforo disponible del compost según tratamientos	45
Tabla 14. Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de P	47
Tabla 15. Porcentaje de Potasio disponible en el compost según tratamientos	48
Tabla 16: Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de K	50
Tabla 17. Porcentaje de Materia Orgánica del compost según tratamientos	50
Tabla 18. Análisis de varianza para el porcentaje de Materia Orgánica	53
Tabla 19. Porcentaje de Carbono (C) presente en el compost	54
Tabla 20. Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de Carbono	56
Tabla 21. Relación Carbono-Nitrógeno en el compost	57
Tabla 22. Análisis de varianza ANOVA para la relación C/N	59

Tabla 23. Contenido de coliformes totales presente en el compost	60
Tabla 24. Análisis de varianza para el contenido de coliformes totales	61
Tabla 25. Prueba de significancia Duncan para la variable coliformes totales	62
Tabla 26. Contenido de coliformes fecales presentes en el compost	64
Tabla 27. Análisis de varianza para el contenido de coliformes fecales	66
Tabla 28. Rendimiento y calidad de compost	67
Tabla 29. Cuadro resumen	68

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Rendimiento aproximado en carne y otros productos de un bovino adulto	10
Figura 2. Temperatura alcanzada por el abono con diferentes días de elaboración	22
Figura 3. Mapa de ubicación de los lugares de la investigación	27
Figura 4. Registro semanal de temperatura	35
Figura 5. Temperaturas promedio de evaluaciones semanales	36
Figura 6. Registro de pH semanal	38
Figura 7. Determinación de pH para todos los tratamientos evaluados	39
Figura 8. Diferencia de medias por tratamientos	41
Figura 9. Registro semanal de nitrógeno total	43
Figura 10. Porcentaje de nitrógeno total en compost	43
Figura 11. Registro semanal de fósforo	45
Figura 12. Porcentaje de P disponible en el compost	46
Figura 13. Registro semanal de potasio	48
Figura 14. Porcentaje de K disponible en el compost	49
Figura 15. Registro semanal de materia orgánica	51
Figura 16. Porcentaje de Materia Orgánica en el compost	52
Figura 17. Registro semanal de Carbono	54
Figura 18. Porcentaje de Carbono en el compost	55
Figura 19. Registro semanal de la relación C/N	57
Figura 20. Relación C/N en el compost	58
Figura 21. Registro semanal de coliformes totales	60

Figura 22. Presencia de coliformes totales en el compost	61
Figura 23. Diferencia de medias por tratamiento	62
Figura 24. Registro semanal de coliformes fecales	64
Figura 25. Coliformes fecales presentes en el compost	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento y la calidad del compost obtenido a partir de residuos sólidos provenientes del Camal “Régulo Bernal Torres” utilizando Microorganismos Eficaces. Se utilizaron residuos ruminales, estiércol y sangre de ganado bovino, que fueron recolectados del camal municipal de la ciudad de Jaén; se emplearon 4 tratamientos con diferentes dosificaciones de Microorganismos Eficaces y se evaluó el proceso de compostaje durante 28 días. En la primera semana la temperatura de las pilas de compostaje aumentó considerablemente y luego descendieron durante la cuarta semana; el tratamiento T₁ tuvo la mínima temperatura con 34.62 °C y la máxima en el T₂ con 37.47 °C. Los valores del pH van desde 10.02 para el T₄ y 9.87 para el T₁. Los valores de Nitrógeno fueron mayores en el T₄ con 1.93 % y el T₂ fue el más bajo con 1.69%. Los valores de Fósforo van desde 0.28% para el T₁ y el más bajo es de 0.14 % para el T₄. Para el Potasio el T₁ tuvo el más alto valor con 1.59% y el T₄ fue el más bajo con 1.26%. La cantidad de Materia Orgánica fue mayor en el T₁ con 42.98% y el más bajo es de 28.77% en el T₃. Para la relación C/N, va desde 13.70 para el T₁ y 9.22 para el T₃. Coliformes Fecales y Totales el T₄ contiene la menor cantidad para ambos, con 0 ufc y 900 ufc, respectivamente.

Palabras clave: Calidad del compost, residuos sólidos, microorganismos eficaces.

ABSTRACT

The objective of this investigation was to evaluate the quality of the compost obtained from solid waste from the Camal "Régulo Bernal Torres" using Effective Microorganisms. Ruminant residues, manure and blood of bovine cattle were used, which were collected from the municipal slaughterhouse of the city of Jaén; 4 treatments with different dosages of Effective Microorganisms were used and the composting process was evaluated for 28 days. In the first week the temperature of the compost piles rose considerably and then dropped during the fourth week; Treatment T₁ had the minimum temperature with 34.62 °C and the maximum in T₂ with 37.47 °C. The pH values range from 10.02 for T₄ and 9.87 for T₁. Nitrogen values were higher in T₄ with 1.93% and T₂ was the lowest with 1.69%. Phosphorus values range from 0.28% for T₁ and the lowest is 0.14% for T₄. For Potassium, T₁ had the highest value with 1.59% and T₄ was the lowest with 1.26%. The amount of Organic Matter was higher in T₁ with 42.98% and the lowest is 28.77% in T₃. For the C/N ratio, it goes from 13.70 for T₁ and 9.22 for T₃. Fecal and Total Coliforms, T₄ contains the least amount for both, with 0 cfu and 900 cfu, respectively.

Key words: Compost quality, solid waste, effective microorganisms.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los camales o mataderos vienen siendo administrados en su mayoría por las municipalidades a nivel nacional, las cuales tienen limitantes socio-económicas que no permite tener sistemas de manejo adecuados para tratar los residuos generados en estos establecimientos, por esta razón se tienen que proponer y adoptar nuevas alternativas para reducir el impacto ambiental y que sean económicas y sencillas de implementar. El contenido ruminal es uno de los contaminantes con mayor impacto ambiental ya que produce una alta carga orgánica en los efluentes de los camales que por su forma de depósito llegan a fosas sépticas, basureros municipales y aguas residuales. La especie animal que causa mayor contaminación al ser faenado en los camales son los bovinos, se ha demostrado que, el valor promedio de la cantidad y tipos de residuos que produce un animal adulto faenado, peso promedio en pie de 375 libras (100% del peso vivo), es del 31% de residuos, debido a productos líquidos residuales como contenido ruminal y del sistema gastrointestinal, sangre, orina y agua del aseo del camal y sólidos (huesos, tejidos, grasas y heces) (Cun y Álvarez, 2017)

En el Camal Municipal “Régulo Bernal Torres” de Jaén, en el año 2017 se beneficiaron 6,344 vacunos y 5,016 porcinos, haciendo un promedio de 18 vacunos y 14 porcinos sacrificados por día, generando 500 kg (0.5 toneladas métricas) de residuos sólidos por día aproximadamente, del cual, los residuos ruminales representan el 80 %, y el porcentaje restante está compuesto por estiércol, sangre y vísceras decomisadas (información por parte de las autoridades del Camal Municipal “Régulo Bernal Torres” de Jaén, durante el año 2017). El gran volumen y alta carga orgánica y bacteriana, de estos residuos sólidos, constituyen un problema ambiental, debido a que no puede quedar almacenado dentro del

camal, siendo necesario su extracción y traslado al botadero municipal, ubicado a una distancia de 10.6 km del camal municipal aproximada, recorriendo el casco urbano, rural y alrededores de la ciudad de Jaén.

En el botadero municipal, a estos residuos orgánicos generados no se le aplica ningún tratamiento adicional. Apareciendo vectores como aves carroñeras (gallinazos), insectos (moscas) y roedores para aprovechar los restos de vísceras y materia orgánica fresca, diseminando toda esta carga orgánica y bacteriana en los alrededores. El material restante pasa por un proceso de descomposición natural generando olores desagradables y produciendo lixiviados, que causa contaminación del aire y aguas subterráneas por la generación de gases tóxicos y lixiviados, respectivamente.

Esta difícil y desentendida realidad que se ha convertido en un foco de contaminación, que actualmente amerita considerar y aplicar medidas preventivas y correctivas, una de las alternativas viables es la producción de abonos orgánicos, mediante el compostaje, a partir de los residuos sólidos descritos, utilizando microorganismos eficaces TM para acelerar el proceso de descomposición. Bajo este contexto se desarrolló la presente investigación con el objetivo de evaluar la calidad del compost obtenido de residuos sólidos provenientes del camal “Régulo Bernal Torres” utilizando Microorganismos Eficaces, y los objetivos específicos fueron caracterizar el material proveniente del camal “Régulo Bernal Torres” para la elaboración de compost. Producir compost usando distintas dosis de Microorganismos Eficaces, y determinar el rendimiento y calidad del compost obtenido en función a los tratamientos utilizados.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Mukhlesur et al., (2018) desarrollaron un estudio utilizando contenido ruminal y sangre del animal sacrificado en un solo día de Eid-ul-Azha en Bangladesh. Para ello, se estudiaron tres tratamientos diferentes mencionados como contenido ruminal solo (T1), contenido ruminal con purín de biogás (T2) y contenido ruminal con sangre bovina (T3), con 3 repeticiones mediante compostaje anaeróbico. Los parámetros estudiados fueron Materia Orgánica (MO), Proteína Bruta (CP), Relación Carbono Nitrógeno (relación C/N), Fibra Bruta (CF), Extracto Éter (EE), Extracto Libre de Nitrógeno (NFE), cenizas y pH. El resultado reveló que la cantidad de PB fue mayor en T3 (17,43%) seguido de T2, (16,27%) después de 90 días de compostaje anaerobio y las diferencias fueron significativas ($p < 0,01$) entre los grupos de tratamiento. Las relaciones C/N inicial y final fueron 33, 46 y 31. 42, 2°.66 y 23.88 y 2°.93 y 22.83 en caso de T1 T2, y T3 respectivamente. La relación C/N final mostró la diferencia significativa ($p < 0,01$) entre los diferentes grupos de tratamiento. El pH del compost final se incrementó significativamente en T3 (22 %) seguido de T2 (20 %).

Malancha et al., (2015) desarrollaron un estudio que consistió en la conversión de residuos de mataderos rurales en abono orgánico y su aplicación en el cultivo a campo de tomate en la India. La sangre bovina y la digesta del rumen se mezclaron en una proporción de 3:1 en un recipiente metálico, se hirvieron y se agitaron continuamente hasta que la mezcla estuvo prácticamente libre de agua. La masa se secó al sol durante 3 días para obtener el producto final. BBRDM se aplicó para el cultivo de campo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L., variedad local 'Patharkuchi') en el estado de Bengala Occidental (India) durante 2012-13 y 2013-14. Donde se realizó una comparación de los rendimientos de tomate

obtenidos con BBRDM (N: P₂O₅:K₂O 30.36:1:5.75) y fertilizantes inorgánicos convencionales [fosfato diamónico (DAP), N:P₂O₅:K₂O 18:46:0 + potasa, N: P₂O₅:K₂O 0:0:44. BBRDM se aplicó a una tasa más alta en comparación con DAP + potasa para satisfacer el deseo de los agricultores de obtener mejores rendimientos. Se aplicaron 75 kg ha⁻¹ a la 2^a semana y 150 kg ha⁻¹ a la 8^a semana después del trasplante. Los rendimientos (peso total de la fruta) obtenidos de las plantas tratadas con BBRDM fueron superiores en comparación con las plantas fertilizadas con DAP + potasio en un 46–48 %, ya que las primeras suministraron 2,5 veces más nitrógeno (N) que las últimas. La productividad parcial del factor de DAP + potasa fue 73–76% más alta que BBRDM. Por el contrario, como el BBRDM se produjo a través de empresas locales a partir de desechos de mataderos, se esperaría que el costo de este producto orgánico fuera mucho más bajo que el del fertilizante inorgánico comercial. Además, la aplicación de BBRDM niega el costo ambiental del tratamiento de los efluentes del matadero. Considerando el mismo costo de aplicar 225 kg de fertilizante ha⁻¹, un mayor rendimiento con BBRDM debería resultar en mayores ingresos potenciales para el agricultor en comparación con los rendimientos con DAP + potasa. La relación C/N de BBRDM es 4,8, con un contenido de N relativamente alto. En consecuencia, se observó una liberación rápida de N disponible para las plantas en suelos fertilizados con BBRDM. El aumento temporal del NH₄⁺ del suelo puede atribuirse a la falta de inmovilización del N del suelo. Los agricultores locales están dispuestos a aceptar el nuevo fertilizante como sustituto de los fertilizantes químicos que se utilizan actualmente.

Malancha et al., (2013) en la investigación sobre aplicación de los residuos de mataderos rurales como abono orgánico para el cultivo en maceta de hortalizas solanáceas en la India, donde realizaron mezclas de sangre de desecho y la digesta del rumen en proporciones de 1:1, 2:1 y 3:1 y secado para obtener mezcla-de-digesta-rumen-sangre-bovina (BBRDM). La eficacia del fertilizante orgánico fue en comparación con el fosfato diamónico

(DAP) en un cultivo en maceta de tomate, chile y berenjena. cinco gramos de BBRDM (N/P/K = 30.36:1:5.75)/kilogramo de suelo aplicado en la segunda y sexta semana produjo fructificación antes de 2 semanas y rindió (en términos del peso total de la fruta) un 130% más alto para el tomate, un 259% para el chile y un 273% para berenjena en plantas cultivadas con BBRDM (3:1) en comparación con DAP. Los suelos a los que se les aplicó BBRDM mostraron niveles más altos de C, N y P concentraciones que DAP. BBRDM con alto contenido de nitrógeno se mineralizó rápidamente, y nitrógeno y fósforo estaban disponibles dentro de los 6 días de secado. Aunque la alta concentración de nitrógeno causó toxicidad cuando se aplicó en el momento de plantar plantas jóvenes, BBRDM mejoró el rendimiento y la productividad cuando se aplicó a plantas maduras después de 15 días de la plantación. Un mayor número de Azotobacter, bacterias solubilizadoras de fosfato, hongos y cantidad de clorofila se aislaron de suelos tratados con BBRDM que con DAP. Contenido de carbohidratos, proteínas y grasas de las verduras eran comparables a las verduras cultivadas con DAP

Delgado, et al., (2020), Señala que la generación de residuos producto de actividades agrícolas es causa de contaminación del suelo, aire y agua, sin embargo, el compostaje se presenta como una alternativa para contrarrestar los efectos negativos. Es por ello que desarrollaron un trabajo cuyo objetivo fue evaluar el proceso de compostaje a nivel de laboratorio con cuatro tratamientos, estos fueron los siguientes: gallinaza + paja; gallinaza + paja + cenizas; gallinaza + paja + huevos y gallinaza + paja + huevos + cenizas. Además, con la finalidad de realizar comparaciones se estableció una pila a escala semiindustrial de 20 m³ de residuos en condiciones ambientales y un bioensayo del compost final para medir su fitotoxicidad. Los resultados obtenidos reflejaron una buena calidad agronómica, ya que éste no presentó concentraciones de compuestos fitotóxicos que afecten los cultivos y por ende puede utilizarse como abono orgánico en cultivos.

Campos, et al (2016) evaluaron técnicamente dos métodos de compostaje de residuos sólidos biodegradables, como materia orgánica utilizaron residuos de huertas caseras: el primero inoculado con microorganismos de montaña y el segundo inoculado con el procedimiento Takakura, denominados MM y TK en adelante. Evaluaron parámetros como temperatura, altura y pH del proceso de compostaje; asimismo se realizaron pruebas sensoriales del proceso y el producto final y el análisis microbiológico del abono obtenido. Las temperaturas registradas fueron superiores de 50 °C y un pH adecuado para este tipo de compostaje asimismo se evidenció la reducción de altura y volumen de las pilas de compostaje, no se observó presencia de lixiviados durante el procedimiento. Finalmente se obtuvo un abono inocuo, presente con características apropiadas para ser utilizado en huertas caseras, por otro lado, existieron diferencias significativas entre los parámetros de temperatura y altura; el compostaje con el método TK alcanzó una mayor temperatura y el volumen disminuyó más que con el MM, por lo que fue más eficiente en la reducción del residuo.

Ordóñez (2014) realizó un estudio utilizando lodos que son generados en el Camal Frigorífico Ambato, Ecuador, los cuales fueron inoculados por el hongo llamado *Trichoderma harzianum*, dado que este hongo no es perjudicial para el medio ambiente y además aporta muchos beneficios produciendo un abono de mejor calidad. Mediante el análisis físicos y químicos y el análisis para determinar la presencia de hongos y bacterias como resultados que la inoculación con este tipo de hongos no produce ningún cambio en el proceso de compostaje.

Chaparro et. al. (2020) realizaron un estudio sobre compostaje a partir de residuos orgánicos aplicando Microorganismos Eficientes, establecido dos tratamientos con dos repeticiones cada uno. Se obtuvieron resultados sobre la temperatura máxima alcanzó a 53 ° C a los 29 días de compostaje para el tratamiento con Microorganismos Eficientes, sin embargo, para el tratamiento que no se aplicó los microorganismos eficientes alcanzó una temperatura

máxima de 45 °C a los 45 días. Por otro lado, se identificaron colonias Microorganismos Eficientes de color verde, crema, gris, negro y blanco y se obtuvo Mende Madre y Activo durante 7 días cada uno. La adición de Mende Activo al 10 %, en las pilas de compostaje disminuyó el proceso a 40 días y el tratamiento si Microorganismos Eficientes se obtuvo un compost a los 80 días.

Najar, (2014) realizó un estudio con el propósito de evaluar la eficiencia en la producción de compost de residuos sólidos orgánicos municipales, aplicando la tecnología ME, los resultados fueron los siguientes: Tratamiento CEM se obtuvo en dos meses y 23 días en promedio, con un olor a tierra de bosque; tuvo un color marrón oscuro, la calidad nutricional del compost fue de; MO 20.71%, N 0.89%, P20s 0.94% y K20 1,14%; presentó patógenos como coliformes totales 1417,2 NMP/g, coliformes fecales 66,8 NMP/g, *Escherichia coli* :S3 NMP/g, mohos 369200 UFC/g y Salmonella :S3 en 25g). El compost SEM se logró en cinco meses y 14 días promedio, presento olor a putrefacto desagradable; color marrón claro, la calidad del compost fue de MO 19,74%, N 0.89%, P20s 0.99% y K20 0.94%, presento patógenos en el compost como; Coliformes totales 643,2 NMP/g, Coliformes fecales 615,6 NMP/g, *Escherichia coli*: S3 NMP/g, mohos 422000 UFC/g y Salmonella: S3 en 25g; presencia de moscas.

Vásquez (2017), en su investigación aplico microorganismos eficaces (cultivo mixto de bacterias fototróficas, ácido lácticas y levaduras), en muestras de lixiviados producidos en el relleno sanitario de la ciudad de Cajamarca; estos microorganismos fueron aplicados a los 15 y 20 días y en dosis de 200 y 300 ml de ME. Los resultados fueron que, los microorganismos aplicados se adaptaron muy bien al medio, incrementando su densidad poblacional en un 48.4 % para las levaduras, las bacterias las bacterias ácido lácticas se incrementaron en un 67. 1 % y las bacterias fototróficas en un 19.7 %. Los microorganismos aplicados de forma quincenal, produjo una disminución de 0,07 mg.l-1 en la cantidad de oxígeno disuelto, la adición de 200

ml de ME, elevó el pH, de 7,5 a 8,27; la temperatura, de 19,6 a 22,03 °C; la cantidad de sólidos suspendidos totales, de 126 a 887,95 mg.L-1 ; el oxígeno disuelto, de 0.2 a 0.28 mg.L-1; el valor de la DBO5, de 81,2 a 6 569,07 mg.L-1, la población de Coliformes totales, de 79 a 170 000 NMP y la población de Coliformes termotolerantes, hasta en 2 722 veces comparado con el testigo. Para el caso de los sólidos disueltos totales y nitratos, no existió diferencia estadística.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Camal o matadero

Son instalaciones donde se realizan sacrificios de animales con la finalidad de obtener carnes para el consumo de las personas. Cada uno de estos establecimientos debe cumplir con las normas sanitarias o reglamentos sanitarios vigentes en cada lugar (SENASA, 2012). La ciudad de Jaén cuenta con un camal municipal el cual es administrado por la Municipalidad Provincial de Jaén.

En la Tabla 1, se muestra el consolidado anual del sacrificio de animales durante el año 2017 (autoridades del Camal “Régulo Bernal Torres”, 2018).

Tabla 1

Beneficio de ganado año 2017 - Camal Municipal “Régulo Bernal Torres” de Jaén

Meses del año	Vacunos	Carcasa (kg)	Porcinos	Carcasa (kg)
Enero	490	44,000	385	25,000
Febrero	460	40,100	410	27,500
Marzo	525	46,000	415	28,000
Abril	485	40,050	405	27,000
Mayo	570	47,500	390	26,500
Junio	545	45,800	355	24,100

Julio	540	45,200	348	23,200
Agosto	585	48,700	455	31,300
Setiembre	575	47,600	468	30,300
Octubre	543	44,200	483	32,700
Noviembre	533	43,800	427	29,200
Diciembre	493	42,100	475	33,200
Promedio mensual	529	44,588	418	28,167
Promedio diario	18	1,486	14	939
Total	6,344	535,050	5,016	338,000

Fuente: Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres” (2018)

2.2.2. Residuos

Los residuos vienen a ser materiales desechables producto diversas del desarrollo de diversas actividades que para el generador no tiene otra utilidad Según la OEFA (2014), menciona que, “Los residuos sólidos son sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido, desechados por su generador, Suele considerarse que carecen de valor económico, y se les conoce coloquialmente como basura” (p. 9)

2.2.3. Residuos de mataderos o camal

a. Residuos solidos

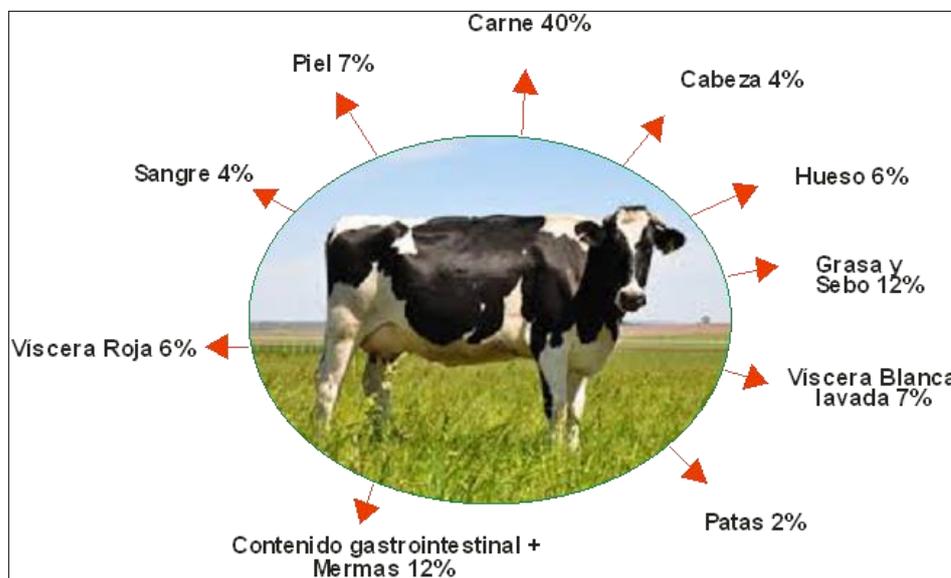
La generación de residuos sólidos en los establecimientos de sacrificio de animales o mataderos es inevitable y sumándose a ello se tiene el mal manejo de estos residuos los cuales son depositados de formas inadecuada causando contaminación al medio ambiente, estos centros son generadores de una cantidad importante de residuos los cuales tiene una composición muy variada, dado que proviene de diversas etapas. Bravo (2011) menciona que, Dentro de estos residuos sólidos se encuentran subproductos como viseras verdes, cabezas,

patas, entre otros subproductos que no son utilizados como viseras rojas, cueros, grasas, estiércol, contenido ruminal y decomisos del botadero.

Actualmente es muy importante disponer de una correcta gestión de este tipo de residuos generados por estas actividades, mediante una adecuada manipulación desde la fuente hasta la disposición final de los mismos, dado que son los responsables de impactos negativos hacia el medio ambiente y la población. Los residuos sólidos producto del sacrificio de animales en los mataderos municipales son fragmentos tisulares que pueden ser restos óseos, sanguíneos, adiposo, etc. Los decomisos sanitarios como las vísceras (hígado, pulmón, corazón, estómagos, intestinos), apéndices (patas y cabezas), pelos, pezuñas y estiércol, un vacuno produce hasta 7 k/día de estiércol (Flórez, 2012).

Figura 1

Rendimiento aproximado en carne y otros productos de un bovino adulto



Fuente: Quiroga (2008), citado por Torres y Mendoza (2015).

En el matadero las principales fuentes donde se generan mayor cantidad de residuos sólidos son los corrales, lugares donde permanecen los animales en espera para ser sacrificados, generándose estiércol, las estimaciones indican que un bovino de entre 453 – 653 kg genera entre 38 – 53 kilogramos diarios de estiércol; después de la sangría el proceso de corte y descuerado y el proceso de evisceración son las etapas consideradas de mayor producción de residuos, generándose residuos sólidos como: pezuñas, huesos, cuernos y en el proceso de evisceración es donde se generan la mayor cantidad de residuos sólidos, siendo el principal residuos el contenido ruminal, este junto con la sangre es la materia causante de la mayor contaminación, se caracteriza por contener lignocelulosa, mucosas y fermentos digestivos, además de presentar un elevado contenido de microorganismos patógenos (Castro y Vinueza 2011).

Por otro lado, García (2012), menciona que, el estiércol es un producto de interés para la presente investigación, ya que constituye el mayor porcentaje del material desechado, así como la materia prima esencial para producir biogás. El contenido gastrointestinal es el alimento que está siendo procesado en los estómagos del bovino (rumen, retículo, omaso, abomaso). Se calcula que un bovino adulto puede producir hasta 16 kg de estiércol al día.

b. Residuos líquidos

Los riesgos que se generan en los mataderos son productos de un mal manejo de los residuos líquidos, que por su procedencia tienen una alta concentración de materia orgánica, que causa serios daños cuando es vertida en afluentes de agua, causando olores desagradables y el desarrollo de vectores perjudiciales para la salud y el medio ambiente; es por ello que el manejo de las aguas residuos generados en camales o mataderos, debe ser considerada dentro del proceso productivo como una operación integrada (Ruiz, 2011).

c. Residuos gaseosos (emisiones)

Unión Europea, (2006) como se cita en Flórez, (2012) manifiesta que, los residuos sólidos y líquidos al entrar en el proceso de descomposición donde liberan gases, causando una contaminación gaseosa. En los mataderos, al no ser transformado los residuos que se genera con tratamiento adecuado, sufren un proceso de descomposición y su posterior putrefacción, emitiendo al ambiente olores fuertes y causando problemas a la comunidad, atrayendo vectores como insectos, provocando un nivel de vida insalubre a la población que reside cerca al camal municipal afectando la salud pública.

2.2.4. Productores de olores

Flórez (2012) indica que, los biosólidos constituyen una fuente abundante de alimento para los microorganismos, que incluyen aminoácidos, proteínas y carbohidratos. Estos microorganismos degradan estas fuentes de energía formándose compuestos olorosos. Las formas orgánicas e inorgánicas del azufre, los mercaptanos, el amoníaco, las aminas y los ácidos grasos orgánicos se conocen como los compuestos causantes de los olores más desagradables asociados con la producción de biosólidos. Estos compuestos son liberados de los biosólidos, típicamente por el calor, la aireación y la digestión. Los olores varían según sea el tipo de sólidos residuales procesados y el método de proceso. Los olores fétidos normalmente se producen en las plantas de tratamiento de aguas residuales, las instalaciones de procesamiento de biosólidos y sitios de reciclaje en donde no se ponen en práctica un manejo y control apropiados.

2.2.5. Sistemas de aprovechamiento del contenido ruminal

El contenido ruminal presenta diversos sistemas de aprovechamiento según Cifuentes (2009) son los siguientes:

Bloque nutricional. Con el contenido ruminal se elaboran los bloques nutricionales para ofrecer al ganado bovino y es una fuente adicional de energía y generador de proteína muy beneficiosa para este tipo de animales y es adicional al pastoreo o ganado estabulado.

Harina forrajera. El contenido ruminal además de convertirse mediante el compostaje en un medio que contiene muchos nutrientes para las plantas también es usado como complemento alimenticio en condiciones de deshidratación simple para la elaboración de concentrado para animales.

Humus de lombriz roja californiana. Una alternativa más al aprovechamiento del contenido ruminal es la producción de humus y a su vez lombriz bien sea roja californiana u otra especie como la africana para dar uso a este desecho.

2.2.6. Abono orgánico o compost obtenido del contenido ruminal

En la actualidad, residuos generados en mataderos como el contenido ruminal son considerados como un enorme problema en los centros donde se realizan este tipo de actividades, dado que su manejo es difícil a ello se suma otros factores como el volumen, el olor fétido que originan y la alta carga bacteriana que contienen. Estos residuos no son manejados de forma adecuada y su destino final son los ríos y quebradas cercanas a los centros de faenado. Sin embargo este tipo de residuos se convertirían en un material valioso si tienen un buen manejo mediante el compostaje; dado que abono orgánico obtenido producto del contenido ruminal de bovino es uno de los más sencillos sistemas de aprovechamiento y reciclaje de desechos, mediante un proceso de compostaje y unas condiciones controladas de temperatura y humedad, logramos un producto estable y natural, con propiedades favorables para los suelos agotados y sobreexplotados por la aplicación de fungicidas y químicos durante décadas (Cifuentes, 2009).

Tabla 2*Caracterización del abono orgánico producto del contenido ruminal de bovino*

Parámetros	Unidades	Parámetros	Unidades
pH	8.80	Aluminio meq./100 g	-
Nitrógeno	1.73%	Materia orgánica	34.70 %
Fosforo p.p.m	+250	Potasio meq./100 g	4.84
Calcio meq/100	24.20	Magnesio meq./100 g	4.01
Hierro p.p.m	17	Manganeso p.p.m	66.48
Zinc p.p.m	78.13	Cobre p.p.m	5.70
Boro p.p.m	8.60	Azufre p.p.m	955.20

Fuente. Cifuentes (2009).

La tabla 3 se muestra la caracterización del abono orgánico obtenido del contenido ruminal de bovino, resultados del análisis realizado en la Universidad de Caldas- Manizales Colombia.

2.2.7. Coliformes totales y termotolerantes

Los coliformes totales se definen como bacterias Gram negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37 °C y producen ácido y gas (CO₂) en 24 h, aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática β-galactosidasa. Entre ellas se encuentran *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*. Los coliformes termotolerantes (CTE), denominados así porque soportan temperaturas hasta de 45 °C, comprenden un número muy reducido de microorganismos, los cuales son indicadores de calidad por su origen. En su mayoría están representados por *E. coli*, pero se pueden encontrar de forma menos frecuente las especies *Citrobacter freundii* y *Klebsiella pneumoniae*. Estas últimas forman parte de los coliformes

termotolerantes, pero su origen normalmente es ambiental (fuentes de agua, vegetación y suelos) (Larrea-Murrell et al., 2013)

2.2.8. Nemátodos

Bongers & Esquivel (2015) señalan que, los nemátodos son animales acuáticos muy delgados que viven en la película de agua que rodea las partículas de suelo, también se encuentran en el estiércol, basura orgánica y en sedimentos de estanques, ríos y océanos

2.2.9. Ventajas y desventajas del compost producido con Microorganismos Eficaces

Los Microorganismos Eficaces tiene muchas ventajas beneficiosas en el proceso de compostaje, estos aceleran la descomposición de los residuos orgánicos, mitigan la generación de olores y la presencia de insectos, ayudan a la eliminación de patógenos, obteniendo un compost adecuado para los cultivos, asegurando el suministro de minerales en estado ionizado, además este compost mantiene un mayor contenido energético de la materia orgánica; también proporciona vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes de forma directa a las planta y al mismo tiempo activa los micro y macroorganismos benéficos durante el proceso de fermentación, ayudando a la formación de la estructura de los agregados del suelo. Como desventajas es que se necesita una gran cantidad de materia prima orgánica para producir un volumen suficiente para una determinada área, se tiene que manejar adecuadamente el proceso de producción para obtener un producto de calidad (Shintani et al., 2000).

2.2.10. Desarrollo de los ME

El concepto de Microorganismos Eficaces (ME) fue desarrollado por el Profesor Teruo Higa, Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón (Higa, 1991; Higa y Widiadana, 1991^a). Higa (1995) señala que, EM consiste en un cultivo mixto de microorganismos benéficos, de

ocurrencia natural, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana de los suelos y plantas. Investigaciones han arrojado que la inoculación de cultivos de EM al ecosistema suelo / planta pueden mejorar la calidad, salud del suelo, y el crecimiento, producción y calidad de los cultivos. EM contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido lácticas y levaduras y un número más pequeño de bacterias fotosintéticas. Todos estos compatibles mutuamente unos con otros y capaces de coexistir en un cultivo líquido.

2.2.11. Clases de Microorganismos Eficaces

a) Bacterias ácido lácticas

Para Higa y Parr (1994) las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y de otros carbohidratos producidos por bacterias fotosintéticas y levaduras. Así, alimentos como yogurt y encurtidos han sido hechos con bacterias ácido lácticas desde tiempos antiguos. El ácido láctico tiene fuertes componentes esterilizantes que suprimen microorganismos patógenos, así como aumenta la descomposición de la materia orgánica como la lignina y la celulosa, al mismo tiempo elimina efectos indeseados de la materia orgánica en putrefacción. Las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de reprimir enfermedades como el fusarium. En condiciones normales, especies de microorganismos como fusarium debilita a las plantas, exponiéndolas a enfermedades y al ataque de plagas como nemátodos. El uso de bacterias ácido lácticas reduce poblaciones de nemátodos y controla el crecimiento y diseminación del fusarium y por lo tanto un ambiente más saludable para el cultivo. Algunos microorganismos de este grupo son: *Lactobacillus plantarum* (ATCC 98014), *Lactobacillus casei* (ATCC 7469), *Streptococcus lactis* (IFO 12007).

b) Levaduras

Para Higa y Parr (1994) las levaduras sintetizan sustancias antimicrobianas y otras útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces de plantas. Las sustancias bioactivas como hormonas y enzimas producidas por levaduras promueven células activas y división radicular. Estas secreciones también sirven como sustratos para otros microorganismos eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos. Las levaduras presentes en este grupo de microorganismos eficaces son: *Saccharomyces cerevisiae* (IFO 0203), *Candida utilis* (IFO 0619), hongos (Fungi), *Aspergillus oryzae* (IFO 5770), *Mucor hiemalis* (IFO 8567).

c) Bacterias fotosintéticas

Para Higa y Parr (1994), las bacterias fotosintéticas son un grupo independiente y autosuficiente. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y/o de gases tóxicos (sulfuro de hidrógeno) usando como fuente de energía la luz del sol y el calor del suelo. Las sustancias útiles producidas por estos microorganismos incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares que ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos producidos por estos microorganismos son absorbidos directamente en las plantas y actúan como sustratos para incrementar poblaciones de microorganismos benéficos. Un ejemplo es el aumento de la micorriza Vesicular Arbuscular (VAM) en la rizósfera por la secreción de compuestos nitrogenados (aminoácidos) por las bacterias fototrópicas. La VAM mejora la solubilidad de los fosfatos en el suelo, es decir vuelve el fósforo no disponible a disponible para las plantas. VAM también puede coexistir con *Azotobacter* y *Rizobium*, ayudando a incrementar la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo. Las bacterias fotosintéticas presentes en este grupo son: *Rhodospseudomonas palustris* (ATCC 17001), *Rhodobacter lactis* (IFO 12007).

d) Actinomicetos

Para la Fundación Mokita Okada MOA (1998), son microorganismos intermedios entre bacteria y hongos. Usan los aminoácidos producidos por bacterias fotosintéticas y segregan sustancias antimicrobianas. Estas sustancias segregadas controlan los microorganismos patógenos evitan la reproducción anticipada de sustancias necesarias que se dan antes de la aparición de hongos y bacterias nocivas, además producen un ambiente favorable en el cual otros tipos de microorganismos útiles pueden desarrollarse. Cuando los actinomicetos cohabitan con bacterias fotosintéticas, su acción purificadora se duplica si se compara a los actinomicetos actuando en forma aislada ya que los actinomicetos son importantes productores de sustancias antibióticas. Los actinomicetos también auxilian en la acción de azotobacterias y de micorrizas. Los actinomicetos presentes en este grupo son: *Streptomyces albus* (ATCC 3004), *Streptomyces greuseus* (IFO 3358).

e) Hongos filamentosos

Son hongos que se encuentran presentes en productos alimenticios fermentados. También cohabita con otros microorganismos y en especial es efectivo para el aumento de ésteres dentro del suelo. Tienen la capacidad de formar alcohol y ácidos orgánicos, se previene la aparición de larvas y otros insectos dañinos, así como la producción de un gran efecto en la disipación de malos olores. Todos los microorganismos que cohabitan en el producto EM, como bacterias productoras de ácido láctico, levaduras, actinomicetos, hongos filamentosos y bacterias fotosintéticas, realizan una serie de funciones de gran importancia y beneficio para otros microorganismos benéficos, para las plantas y para el suelo. A medida que el EM va poblando el suelo y se efectúan procesos de interacciones entre los microorganismos que lo componen, el ambiente del suelo mejora considerablemente y ciertos microorganismos de reproducción desequilibrada disminuyen al mismo tiempo. O sea, se da

un control de microorganismos nocivos y los microorganismos útiles incrementan en cantidad, equilibrando así el suelo (Fundación Mokita Okada MOA, 1998).

2.2.12. Funciones que realizan los principales grupos de microorganismos

Las funciones que realizan los principales grupos de microorganismos del EM están: bacterias fotosintéticas, bacterias lácticas y levaduras. Las bacterias fotosintéticas hacen uso de la luz del sol como fuente de energía para realizar la fotosíntesis. También tienen otras fuentes de energía como el calor del suelo. Su función es la de ayudar a sintetizar sustancias útiles para las raíces, materia orgánica o gases dañinos. Algunas de las sustancias sintetizadas por las bacterias fotosintéticas son: aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, las cuales promueven el crecimiento y el desarrollo celular en las plantas. Las bacterias lácticas producen ácido láctico, logrando así suprimir microorganismos dañinos (*Fusarium*, nemátodos, etc.). De igual forma ayudan a promover la descomposición de la materia orgánica. Estas bacterias son sumamente importantes en los procesos de fermentación y descomposición de material como la lignina y la celulosa. Así mismo, juegan un papel muy importante, ya que son las causantes del proceso de fermentación. Las levaduras tienen el rol de sintetizar sustancias antimicrobiales en el ME, aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fotosintéticas. Estas son benéficas para el crecimiento de las plantas y sus raíces. Las sustancias bioactivas, como las hormonas y las enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división activa de células y raíces; estas secreciones también son sustratos útiles para microorganismos eficaces como las bacterias lácticas y actinomicetos. De todos estos organismos, los hongos juegan un papel vital durante el proceso de compostaje debido a que son capaces de degradar la celulosa y la lignina, ambos constituyentes importantes de la materia orgánica. Asimismo, se requiere constantemente de la presencia de bacterias lácticas para que el proceso sea completo y efectivo (Sangakkara, 1999).

2.2.13. Descripción de preparados comerciales de Microorganismos Eficaces

BIOEM PERÚ, (2014) manifiesta que, el producto EM•COMPOST es un cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural, es un producto que no afecta al medio ambiente ni a la salud de las personas y animales que se encuentre en contacto directo con este producto. El EM•COMPOST está compuesto por los siguientes microorganismos: Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp.*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*), levaduras (*Saccharomyces spp.*). (Ver ficha técnica anexo 4)

El EM•COMPOST brinda diferentes beneficios algunos de ellos son los siguientes: acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, reduce los problemas de sanidad en el suelo, reduce las poblaciones de nemátodos y patógenos en el suelo, aumenta la calidad nutricional y biológica del compost, elimina los malos olores y la presencia de insectos.

2.2.14. Factores que intervienen en el proceso de compostaje

Relación Carbono Nitrógeno. El compostaje con la aplicación de Microorganismos Eficaces es un proceso aeróbico, es decir que requiere oxígeno, en el cual los materiales orgánicos ya sea del tipo animal o vegetal entran en un proceso de descompuestos mediante fermentación, para que este proceso se lleve a cabo de forma adecuada es fundamental tener un buen manejo de la humedad, aireación y relación C/N. asimismo es importante relacionar la cantidad de carbono y nitrógeno presente en un material, dado que todos los seres vivos están compuestos de carbono y nitrógeno (carbohidratos y proteínas) y deben tomarlos de los alimentos que ingieren. Así mismo, los microorganismos encargados de la degradación, también necesitan de Carbono y Nitrógeno para reproducirse y sintetizar el material que está en descomposición. Los residuos orgánicos están compuestos en gran parte por C y N en diferentes proporciones según el tipo de residuo, lo cual es muy importante tener

conocimiento al momento de seleccionar la materia prima a composta con la finalidad de lograr un producto final de buena calidad (Portocarrero, 2014).

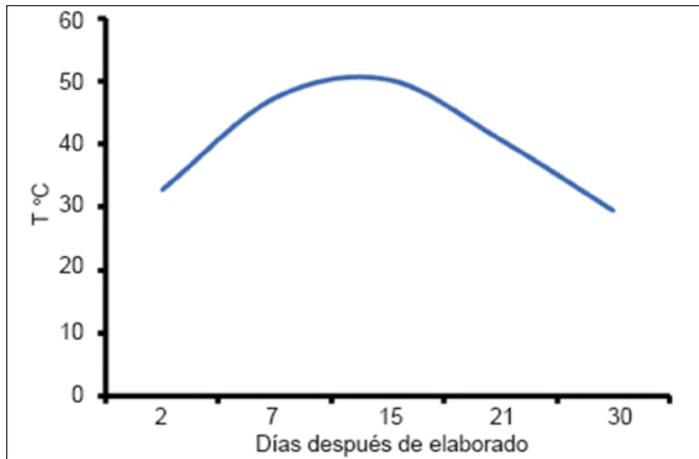
Humedad. La materia prima inicial para llevar a cabo un proceso de compostaje contiene un porcentaje de agua, esta debe estar alrededor del 50 % al inicio del proceso, esto hace posible el aumento de las poblaciones microbianas que son beneficiosas durante el proceso de compostaje y es adecuado para realizar las reacciones enzimáticas, donde los organismos se transformen en moléculas orgánicas más estables. Sin embargo, al aumentar la humedad superior al 60 % el proceso se vuelve anaeróbico retardando la descomposición y como consecuencia se generan lixiviados con olores desagradables y por ende la disminución de los nutrientes del compost (Bohórquez, 2019).

Volteo o mezcla. El desarrollo de esta actividad es vital al inicio de proceso de compostaje con la finalidad de distribuir los materiales y para homogenizar la aireación en las pilas y mantener una humedad adecuada, FAO (2013, p. 55) señala que, normalmente, se hace un volteo semanal durante las 3 a 4 primeras semanas, y luego pasa a ser un volteo quincenal. Esto depende de las condiciones climáticas y de la humedad y aspecto del material que se está compostando. Se debe hacer un control de aspecto visual, olor y temperatura para decidir cuándo hacer el volteo.

Temperatura. La temperatura es uno de los factores más importantes que influye sobre el proceso de compostaje, dado que esta determina las reacciones bioquímicas de los microorganismos, a medida que se incrementa la temperatura se aceleran los procesos metabólicos, esto hace que la descomposición aumente de forma directa hasta alcanzar un punto crítico, luego el proceso empieza a disminuir, debido a que las proteínas se desnaturalizan bloqueando el metabolismo de los microorganismos (Bohórquez, 2019).

Figura 2

Temperatura alcanzada por el abono con diferentes días de elaboración



Fuente: Ramos et al. (2014, p. 5)

pH. FAO (2013, p 29) manifiesta que, el pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso esto estaría entre los 4.5 a 8.5. En la primera fase del proceso de compostaje el pH se torna ácido debido a la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El mismo autor señala que, la actividad microbiana es mayor a un pH de 6 – 7.5 y la actividad fúngica óptima se produce entre 5.5 – 8 de pH, condicionando así la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene un pH óptimo para su desarrollo y multiplicación. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

2.2.15. Marco legal

La Constitución Política del Perú; artículo 2º Inciso 22. (1993): Toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Decreto Supremo N° 015-2012-AG, se aprueba el Reglamento Sanitario del Faenado de Animales de Abasto. El presente reglamento tiene como objeto regular y establecer las

especificaciones técnicas sanitarias referidas al faenado de animales de abasto, con la finalidad de contribuir con la inocuidad de los alimentos de producción primaria destinados al consumo humano y a la eficiencia del faenado principalmente, fortaleciendo así el desarrollo ganadero nacional.

Decreto Legislativo N° 1278, se aprueba Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. El presente Decreto Legislativo establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con la finalidad de propender hacia la maximización constante de la eficiencia en el uso de los materiales y asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos económica, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a las obligaciones, principios y lineamientos de este Decreto Legislativo.

Ley Orgánica de Gobiernos Regionales (Ley N° 27867 del 18.11.2002). La presente Ley Orgánica establece y norma la estructura, organización, competencias y funciones de los gobiernos regionales. Define la organización democrática, descentralizada y desconcentrada del Gobierno Regional conforme a la Constitución y a la Ley de Bases de la Descentralización.

Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N° 28245 del 04.06.2004) y su Reglamento. La presente Ley tiene por objeto asegurar el más eficaz cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas; fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental, el rol que le corresponde al Consejo Nacional del Ambiente – CONAM, y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y de asegurar que se evite en el ejercicio de ellas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.

Ley General del Ambiente (Ley N° 28611 del 15.10.2005). La presente Ley es la norma ordenadora del marco normativo legal para la gestión ambiental en el Perú. Establece los

principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, así como el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.

La Ley N° 28256, Ley que regula el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos (2008). La presente Ley tiene por objeto regular las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de los materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el medio ambiente y la propiedad.

Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (2012). El Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos PIGARS Jaén, es un instrumento de gestión que orienta al desarrollo de acciones para permitir mejorar el servicio de limpieza pública en el ámbito de la provincia, documento que permite la adecuada formación de políticas y estrategias de participación ciudadana, captación de rentas y administración de recursos financieros, considerando la sostenibilidad del sistema de gestión, que contiene actividades de solución a la problemática de residuos sólidos en la provincia de Jaén.

Ordenanza Municipal N° 18 -2006 –MPJ, que aprueba Política Ambiental Local Plan de Acción Ambiental Local y Agenda Ambiental Local (2006).

Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 27972 del 26.05.2003) y sus normas modificatorias y complementarias. La presente ley orgánica establece normas sobre la creación, origen, naturaleza, autonomía, organización, finalidad, tipos, competencias, clasificación y régimen económico de las municipalidades; también sobre la relación entre ellas y con las demás organizaciones del Estado y las privadas, así como sobre los mecanismos de participación ciudadana y los regímenes especiales de las municipalidades.

2.3. Conceptos básicos

Camal o mataderos. Un matadero o camal es un establecimiento con la infraestructura apropiada para el sacrificio de animales y su posterior procesamiento, almacenamiento y comercialización de la carne para consumo humano; este puede ser estatal o privado (Proarca, 2004).

Compost. Es el producto final del proceso de compostaje de desechos convirtiéndose en un material estable y beneficioso para las plantas, este permite el reciclaje de residuos orgánicos, reduciendo la contaminación y el costo de fertilizantes como insumo para la producción agrícola (FAO, 2013).

Compostaje. El compostaje consiste en la transformación aerobia de la materia orgánica por parte de diferentes tipos de agentes microbianos como bacterias y hongos; que influyen sobre su metabolismo, con el objetivo de acelerar la descomposición de los residuos utilizados para la obtención de un producto estable de excelente calidad biológica y química (Bohórquez, 2019)

Abono orgánico. FAO (2013) manifiesta que, el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada (P.11).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación de la investigación

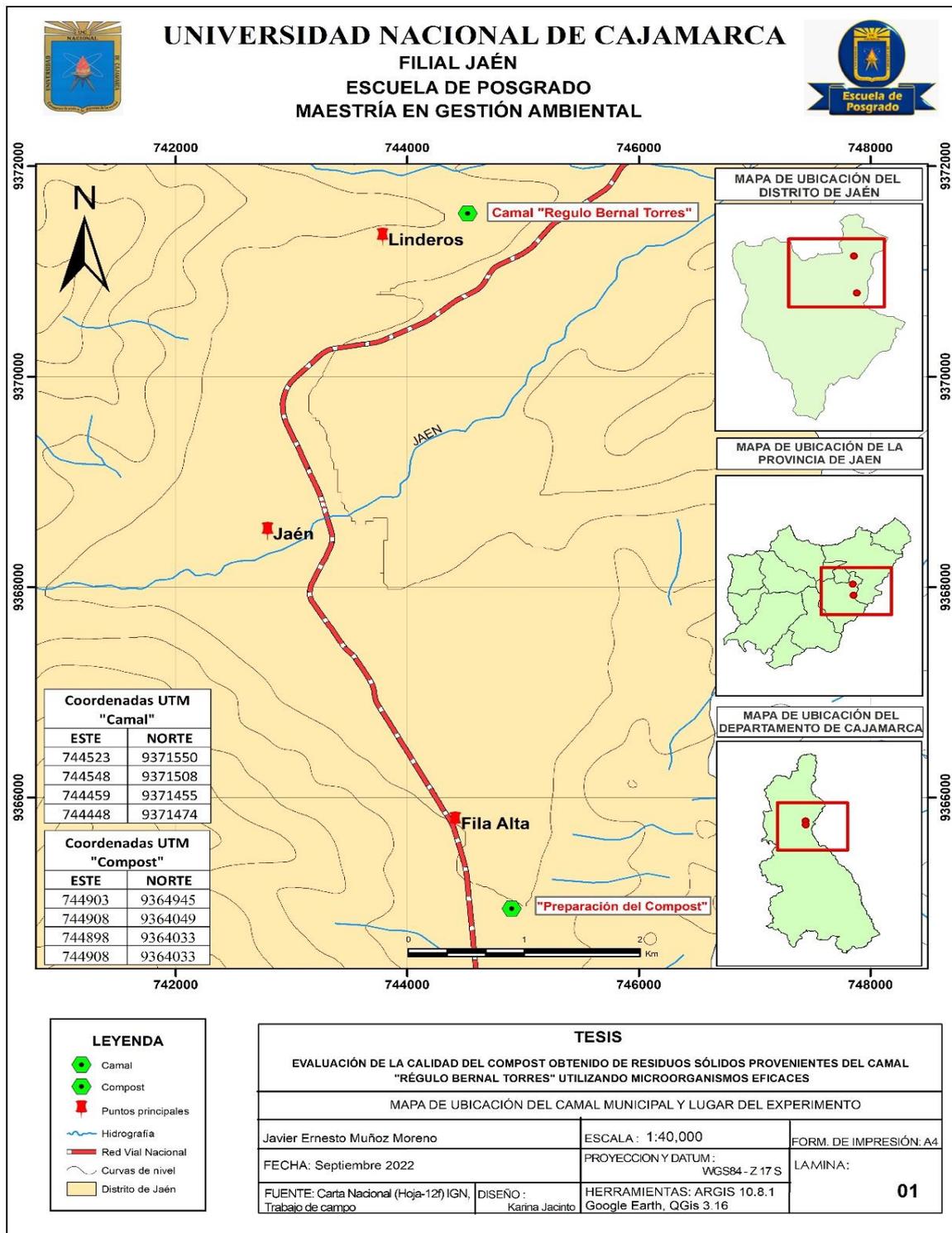
La presente investigación se realizó en el distrito y provincia de Jaén, región Cajamarca, durante los meses de enero a diciembre del 2018.

3.2. Materiales

Residuos ruminales secos, estiércol de ganado seco y sangre de bovino deshidratada, obtenidos en el camal municipal de la Municipalidad Provincial de Jaén. Microorganismos Eficaces de producción comercial, distribuido por BIOEM PERÚ. (Ver ficha técnica anexo 4)

Figura 3

Mapa de ubicación de los lugares de la investigación



3.3. Metodología

a) Diseño de la investigación

Por su naturaleza, el trabajo de investigación es de tipo experimental, correspondiente al Diseño Completamente al Azar (DCA), para realizar el análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan.

Para la variable temperatura se utilizó el Diseño Completamente al Azar con tres repeticiones (Tabla 3).

Tabla 3

Diseño experimental con tres repeticiones

Tratamientos. Dosis de EM ml/50 kg de materia prima inicial	Código	Repeticiones		
		1	2	3
Testigo (0)	T ₁	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃
300 ml/50 kg	T ₂	T ₂₁	T ₂₂	T ₂₃
400 ml/50 kg	T ₃	T ₃₁	T ₃₂	T ₃₃
600 ml/50 kg	T ₄	T ₄₁	T ₄₂	T ₄₃

Para las variables como, análisis físico químico y análisis microbiológico, se aplicaron los análisis de laboratorio (Tabla 4).

Tabla 4

Diseño experimental con dos repeticiones

Dosis de EM ml/50 kg	Código	Repeticiones (tiempo de compostaje)	
		1 (Día 0)	2 (Día 28)
Testigo (0)	T ₁	T ₁₁	T ₁₂
300 ml/50 kg	T ₂	T ₂₁	T ₂₂
400 ml/50 kg	T ₃	T ₃₁	T ₃₂
600 ml/50 kg	T ₄	T ₄₁	T ₄₂

b) Variables

Variable dependiente: Características físico-químicas: Relación C/N, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y pH y microbiológicos: Coliformes fecales y totales y nemátodos.

Variable independiente: Niveles de dosificación de Microorganismos Eficaces.

c) Acondicionamiento de los residuos para elaborar el compost producido con

Microorganismos EficacesTM

Para el acondicionamiento de los residuos para preparar el compost producido con Microorganismos Eficaces, se siguió la metodología seguida por Hómez (1998), se describe a continuación:

d) Acondicionamiento de la sangre

El acondicionamiento de la sangre consistió en la transformación de la sangre líquida a sólida seca, desarrollando los siguientes pasos:

Recolección. Para la recolección de la sangre se tuvo en cuenta la estructura del camal con la finalidad de recolectar el producto, lo más limpio posible, sin impurezas que lo

contaminen, para ello se realizó la limpieza del lugar, se evitó el contacto con el agua y la manipulación de los trabajadores del lugar. Además, la infraestructura estuvo acorde para realizar el procedimiento, contando con un piso con una inclinación apropiada y el canal donde fluyó el líquido fue angosto, aumentando la velocidad dando lugar a una transferencia de calor lenta hacia el centro del líquido. Luego fue llenado por gravedad disponiéndolo en recipientes pequeños y a medida que se llenaban estas fueron pasados de forma manual a un recipiente grande. Con la finalidad de evitar la descomposición, el cual conlleva a una proliferación de patógenos que causarían la disminución de la calidad del producto final, además provocaría contaminación del medio durante el proceso de deshidratación, se le agregó cal apagada (peróxido de calcio) en un 3 % en peso con relación al peso de la sangre.

Deshidratación. Para la deshidratación de 15 litros de sangre, se procedió a calentar la sangre en ollas grandes desprovista de tapa, colocándolo a fuego lento, con un tiempo aproximado de 15 minutos, así mismo se realizó una agitación constante y de esta manera obtener un empaste adecuado de la sangre. Cuando ésta, estuvo a una humedad aproximada del 10 %, se retiró el recipiente del fuego para su posterior enfriamiento.

Enfriamiento. Este procedimiento se realizó a temperatura ambiente, la sangre fue colocada en bolsas de polipropileno permeables, permitiendo la extracción de líquidos mediante compresión mecánica; posteriormente fue retirado de las bolsas y en una superficie lisa se condicionó en forma de capas delgadas para obtener un secado eficiente al medio ambiente.

e) Acondicionamiento del contenido ruminal

Para el acondicionamiento del contenido ruminal se siguió los siguientes pasos:

Recolección. Con la ayuda de una pala se realizó la recolección del contenido ruminal, depositándolo en baldes; con la finalidad de realizar un escurrimiento inicial de líquidos, fueron trasladados a un tanque provisto de agujeros de 2 – 2.5 cm de diámetro en la base, colocando una malla metálica de 5mm de luz; conforme se fue agregando el contenido ruminal se hizo presión contra la base para extraer la mayor cantidad de líquidos.

Prensado. El prensado consistió en colocar el material ruminal en sacos de polipropileno, el cual haciendo presión se extrajo toda la cantidad posible del líquido remanente.

Secado. Después del prensado se obtuvo un material húmedo al cual se le adicionó cal agrícola (carbonato de calcio) en un 4 % con respecto al peso total, con la finalidad de prevenir la putrefacción y los malos olores, el secado se llevó a cabo hasta obtener una humedad menor al 25 %.

f) Acondicionamiento del estiércol

Recolección. Se realizó la recolección de estiércol fresco e inmediatamente se puso bajo sombra, para evitar la pérdida de los componentes del estiércol y garantizar la calidad del producto final.

g) Activación de los Microorganismos Eficaces

Los Microorganismos Eficaces que se adquieren comercialmente se encuentran concentrados y en estado de latencia, por lo que deben ser activados antes de ser utilizados. Un litro de Microorganismos Eficaces TM comercial rinde 20 litros de Microorganismos Eficaces TM Activado (EMA). Para esto se siguieron los siguientes pasos: Se mezcló 01 litro de melaza (5 %) en 18 litros de agua (90 %) y se agregó 1 litro de Microorganismos Eficaces comercial (5 %). Se colocó la mezcla en un envase plástico, limpio, con tapa que permitió su

cierre hermético (sin aire). Se dejó fermentar la mezcla entre 5 a 7 días bajo sombra, teniendo en cuenta que, el EMA no debe usarse después de un mes de activado.

h) Proceso de armado de la materia prima inicial

El armado de las pilas con la materia prima inicial, para el proceso de compostaje se detalla en la tabla 5:

Tabla 5

Materia prima para el compostaje

Componentes	Cantidad por tratamiento (kg)	Porcentaje (%)	Cantidad total (x 12 tratamientos) kg
Residuos ruminales secos	40	80	480
Sangre deshidratada	5	10	60
Estiércol seco	5	10	60
Total	50	100	600

i) Aplicación de los Microorganismos Eficaces, activados (MEA)

En una mochila de 20 litros se diluyó 1 litro de EMA, posteriormente se aplicó a cada tratamiento que consistió de pilas conformada de material de partida de 50 kg cada una de acuerdo a las concentraciones establecidas en las tablas 5 y 6. Esta actividad fue repetida tres veces.

j) Medición de los parámetros del proceso de compostaje

Humedad inicial. Para medir la humedad inicial del compostaje, se utilizó la prueba del puño cerrado, el cual consistió en introducir la mano en medio de la pila tomando una

cantidad de la mezcla, haciendo presión; si al abrir la mano, no hubo presencia de agua, la mezcla permaneció moldeada y la mano poco humedecida, demostrando que se encuentra con humedad adecuada. Asimismo, con el uso del termo higrómetro se hizo la medición de la humedad del compostaje, obteniendo una humedad del 53 %, teniendo en cuenta la metodología de Restrepo (2007), que recomienda que la humedad del compostaje debe estar entre 50 – 60 %.

Medición de temperatura. Para la medición de la temperatura se utilizó un termómetro digital el cual se introdujo en el interior de cada pila, registrando los valores arrojados, este procedimiento se realizó semanalmente.

Medición del pH. La medición del pH se realizó con un pH-metro previamente calibrado, sumergiéndolo en una solución acuosa, que consistió en la mezcla de 10 g de muestra disuelta en 50 ml de agua (Barrena, 2006).

Volteo de las pilas. El volteo de las pilas del compostaje de los tratamientos se realizó diariamente durante 5 días, con la finalidad de evitar que la temperatura del compostaje supere los 50 °C, que podrían afectar la actividad de los microorganismos eficaces.

k) Periodo de evaluación del compost

Se evaluó el compost a los 28 días de iniciado el proceso, tiempo en el cual la temperatura ha descendido y es igual a la temperatura ambiente, y presenta un olor agradable similar a la levadura y de color tierra.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de los parámetros de la materia prima inicial para el compostaje

a. Temperatura de la materia prima inicial

La temperatura inicial de la materia prima inicial, fue la misma que la temperatura ambiente, registrándose una temperatura inicial de 27.5 °C.

4.2. Parámetros del compost producido utilizando diferentes dosis de Microorganismos

Eficaces

a. Análisis de la temperatura del proceso de compostaje

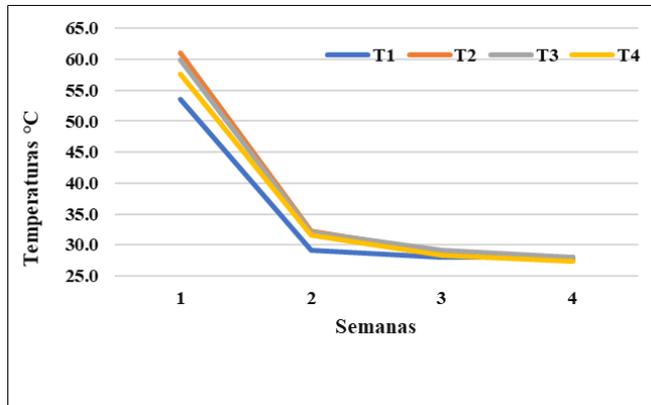
Tabla 6

Temperatura semanal y promedios del compost según tratamientos

Tratamientos.	Semanas					Promedio °C	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	27.5	53.53	29.1	27.93	27.93	34.62	±10.93
T ₂	27.5	61.1	32.3	28.83	27.63	37.47	±13.75
T ₃	27.5	59.9	32.07	29.2	28.07	37.31	±13.12
T ₄	27.5	57.7	31.63	28.33	27.3	36.24	±12.49

Figura 4

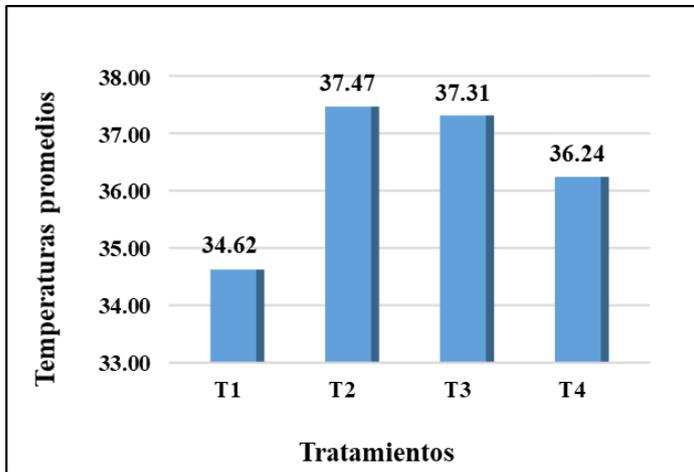
Registro semanal de temperatura



La tabla 6 y figura 4 muestra el registro semanal de la temperatura, donde, en la primera semana alcanzó valores elevados, durante la segunda semana descendió, llegando a una temperatura ambiental en la cuarta semana. Dentro de las evaluaciones semanales se registraron temperaturas que oscilaron entre 61.1 °C en la primera semana y de 27.3 °C en la última semana. El proceso de compostaje pasa por tres etapas según la temperatura, que son: mesófila, termófila y fase de enfriamiento. En la primera fase, es donde la materia prima inicial empieza el proceso de compostaje a una temperatura ambiente, que muy rápidamente se eleva hasta los 45 °C, esto se debe a que dentro del proceso se da la actividad microbiana, utilizando fuentes sencillas de C y N, que hace que se genere calor. En la segunda fase alcanza temperaturas superiores a 45°C, donde se desarrollan microorganismos generalmente bacterias que degradan fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina; y en la tercera fase la temperatura baja, donde continúa la degradación de polímeros como la celulosa y finalmente en la etapa de maduración la temperatura vuelve a ser igual a la del medio ambiente (FAO, 2013).

Figura 5

Temperaturas promedio de evaluaciones semanales



La tabla 6 y la figura 5, muestran las temperaturas promedios de evaluaciones semanales en el proceso de compostaje de todos los tratamientos ensayados, donde el tratamiento 1 presenta la mínima temperatura registrada con 34.62 °C y la máxima se registra en el tratamiento 2 con 37.47 °C. Según la FAO (2013) señala que, en el proceso de compostaje presentan temperaturas muy variables por las diferentes etapas que pasa, ésta se inicia a una temperatura ambiente en el inicio de proceso y puede llegar hasta 65 °C sin que sea causado por un calentamiento externo, las cual en la fase de maduración llega nuevamente a una temperatura ambiente. Del mismo modo Bohórquez (2019) refiere que, uno de los principales factores en el proceso de compostaje es la temperatura, al aumentar la temperatura se aceleran todos los procesos bioquímicos afectando la materia orgánica de forma directa aumentando la velocidad de descomposición hasta llegar a un punto crítico, en el cual el proceso comienza a disminuir, esto se debe a la desnaturalización de las proteínas que bloquean el metabolismo normal de los microorganismos implicados.

b. Análisis de varianza de la temperatura promedio.

Tabla 7

Análisis de varianza ANOVA para la temperatura

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedios cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	20.59	3	6.86	3.01	3.86	0.09	N S
Error	20.51	9	2.28				
CV	4.15						

La tabla 7 muestra el análisis de varianza ANOVA, para la temperatura registrada en todos los tratamientos evaluados, donde F. calculado que tiene un valor de 3.01 es menor que F. tabular que es igual a 3.86, además se observa que el valor de probabilidad P (0.09) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa para la variable de temperatura entre tratamientos; con un coeficiente de variación de 4.15 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la fase mesófila de la presente investigación ocurrió rápidamente durante los primeros días del proceso de compostaje, la cual fue controlada con los volteos diarios para evitar que se eleve mucho la temperatura y deteriore el compost. La fase termófila ocurrió antes del final de la primera semana y se continuó con los volteos para evitar una temperatura excesiva. La fase de enfriamiento ocurrió desde el final de la segunda semana, obteniendo al final de la cuarta semana temperaturas muy similares a la del medio ambiente. Las variaciones de las temperaturas durante el proceso de compostaje son debido a la actividad microbiana que degradan a la materia orgánica y desprenden calor, la temperatura es fundamental en el proceso de compostaje, tiene efecto en el control de ciertos microorganismos y garantiza la correcta degradación de la materia prima. A pesar que

no hay diferencias significativas entre tratamientos, el T₁ registró la menor temperatura en la fase termófila, que pudo haber influido negativamente en la calidad del compost ya que no pudo eliminar la mayoría de agentes patógenos, tanto coliformes totales como fecales.

c. Análisis de pH en el proceso de compostaje

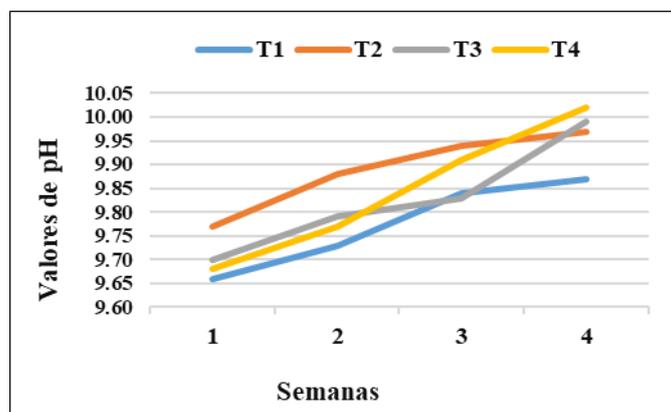
Tabla 8

Valores de pH semanal y promedio del compost según tratamientos

Tratamientos	Semanas					Promedio	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	9.63	9.66	9.73	9.84	9.87	9.78	±0.11
T ₂	9.63	9.77	9.88	9.94	9.97	9.89	±0.14
T ₃	9.63	9.70	9.79	9.83	9.99	9.83	±0.14
T ₄	9.63	9.68	9.77	9.91	10.02	9.85	±0.16

Figura 6

Registro de pH semanal

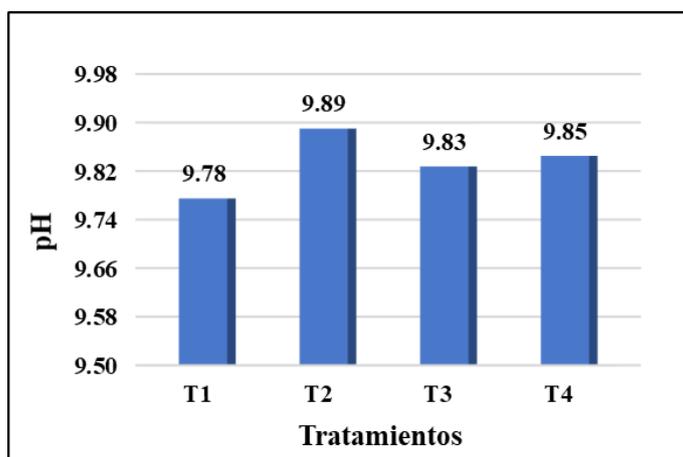


La tabla 8 y la figura 6 muestra el registro de pH durante cuatro semanas registrando valores que van ascendiendo conforme se desarrollan el proceso de compostaje; Los valores obtenidos fueron similares, siendo el pH mínimo para el tratamiento 1 de 9.78 y el pH máximo se obtuvo con el tratamiento 2 con valores de 9.89.

Arista, A. y Verástegui registraron valores de pH elevados en los tratamientos 1, 2, y 3, donde aplicó mayor proporción de residuos de camal. El valor de pH, al igual que el de la temperatura varía con el tiempo de 5 a 9 dependiendo de la etapa de compostaje (Bejarano & Delgadillo, 2007).

Figura 7

Determinación del pH para todos los tratamientos evaluados



La tabla 8 y la figura 7 muestran los valores de pH en el proceso de compostaje, el cual en su fase inicial tuvo un valor de 9.63 siendo el mismo para todos los tratamientos. Sin embargo, en los promedios del pH para todos los tratamientos se muestra una ligera variación que va desde 9.89 para el T₂ y 9.78 para el T₁, siendo T₁ el tratamiento que obtuvo un mejor valor de pH por estar más cercano al valor neutro.

FAO (2013) refiere que un pH mayor a 8.5 se origina por el exceso de nitrógeno presente en los residuos de origen del compostaje, el medio se alcaliniza por la producción de amoníaco causado por una deficiente relación C/N, asociado a la humedad y a las altas temperaturas. Los resultados de pH de la presente investigación fueron similares al estudio desarrollado por Cifuentes (2009), donde también utilizó como material de origen a residuos ruminal de bovino, obteniendo un pH alcalino de 8.80.

Tabla 9*Análisis de varianza ANOVA para el pH*

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedios cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	0.022	3	0.0072	4.68	3.49	0.022	*
Error	0.019	12	0.0015				
CV	0.40						

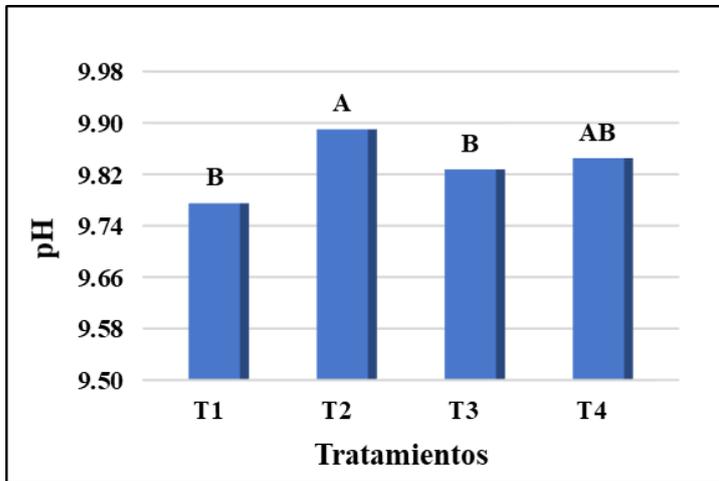
La tabla 9 muestra el análisis de varianza para el pH en el proceso de compostaje, con una probabilidad del 5 %, donde F. calculado (4.68) es mayor que F. tabular (3.49); asimismo, el valor de probabilidad P (0.022) es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, si existe diferencia estadística significativa para la variable pH entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 0.40 %.

Tabla 10*Prueba de significancia Duncan para la variable pH.*

Tratamientos	Promedio	Significancia
T1	9.78	B
T2	9.89	A
T3	9.83	B
T4	9.85	AB

Figura 8

Diferencia de medias por tratamientos



La tabla 10 y la figura 8 muestran la prueba de significancia Duncan con un 95 % de probabilidad para la variable pH, para todos los tratamientos evaluados, donde solo existe diferencias significativas entre las medias de los siguientes tratamientos: T₂ - T₁, T₂ - T₃ y T₄ - T₁. Entre los T₂ - T₄, T₄ - T₃ y T₃ - T₁ no existe diferencia significativa, entre sí, considerándose iguales entre los tratamientos comparados, sin embargo T₁ obtuvo mejores valores promedio de pH por estar más cercanos al pH neutro.

Bohórquez (2019) señala que en el interior de una cama de compostaje al presentarse condiciones anaeróbicas estimulan la disminución del pH, por lo que, una apropiada aireación es una forma indirecta de regularizar el pH; además un pH superior a 7.5 es un indicador de una buena descomposición de los residuos orgánicos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se obtuvo un pH alcalino, debido a que la materia orgánica que se utilizó para el compostaje fueron materiales procedentes del camal municipal que son ricos en nitrógeno y que producen una alcalinización del medio por la pérdida de ácidos orgánicos y que producen la liberación de amoníaco por la descomposición de las proteínas. Además, en el acondicionamiento del

material inicial se siguió la metodología seguida por Hómez (1998), en la cual recomienda el uso de cal viva y apagada en el residuo ruminal y en la sangre con la finalidad de controlar agentes patógenos, tornándose una mayor alcalinidad a la materia a compostar, ya que se encalaron a dos de los tres insumos que se emplearon, por lo que es recomendable diversificar los componentes del material inicial con residuos vegetales y tierra agrícola, entre otros insumos, para contrarrestar el medio alcalino. Otra manera sería disminuir el porcentaje de cal a aplicar. Este tipo de compost se podría aplicar como enmienda en tener terrenos con valores de pH más bajo, por ejemplo en terrenos ubicados en zonas de altura de las provincias de Jaén y San Ignacio, sobre todo en cultivos de café.

d. Análisis de los valores del porcentaje de Nitrógeno (N) total

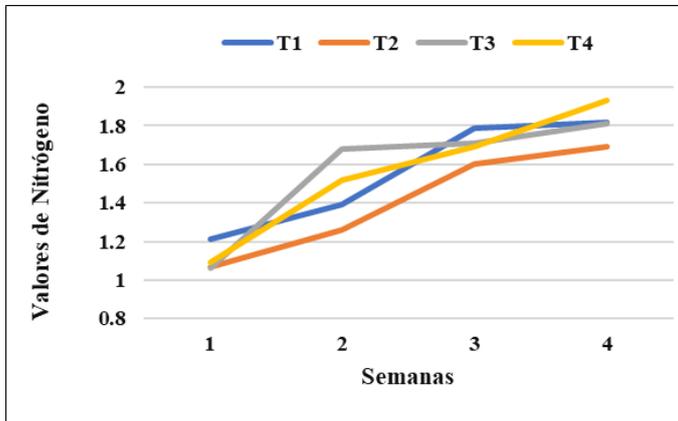
Tabla 11

Porcentaje de Nitrógeno total del compost según tratamientos

Tratamientos	Semanas					Promedios %	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	0.69	1.21	1.39	1.79	1.82	1.55	±0.47
T ₂	0.69	1.07	1.26	1.60	1.69	1.41	±0.41
T ₃	0.69	1.06	1.68	1.71	1.81	1.57	±0.49
T ₄	0.69	1.09	1.52	1.69	1.93	1.56	±0.49

Figura 9

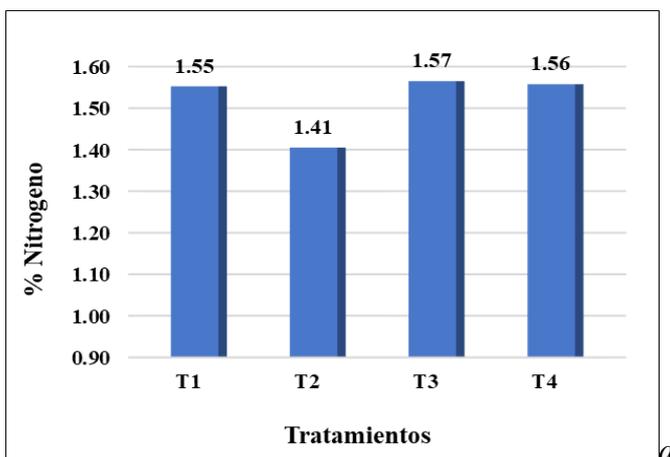
Registro semanal de nitrógeno total



La tabla 11 y la figura 9 muestra el registro semanal de nitrógeno total en el compostaje, se obtuvo que el nitrógeno fue ascendiendo en las últimas semanas, presentando valores similares para todos los tratamientos ensayados, dado que la materia prima que se ha utilizado para todos los tratamientos tiene un alto contenido de nitrógeno.

Figura 10

Porcentaje de Nitrógeno total del compost



La tabla 11 y la figura 10, muestran el porcentaje de nitrógeno total durante el proceso de compostaje, en su fase inicial, el material de partida tuvo 0.69 % de N para todos los tratamientos, obteniendo como promedios similares en todo el proceso, registrando 1.41 % para el T₂ siendo el más bajo y el más alto es de 1.57 para el T₃.

Según la FAO (2013) establece que un buen compost debe contener entre 0.4 a 3.5 % de nitrógeno, por lo que los resultados de la presente investigación están dentro de los rangos establecidos. Sin embargo, Eche (2011), en su investigación donde trabajo con un 25 % de contenido ruminal y 75 % de sangre de bovino, menciona que obtuvo un contenido de Nitrógeno de 2151.11 ppm, no obstante, estos resultados se consideran bajos en comparación con los resultados de la presente investigación y por ende están fuera de los rangos establecidos de las normas correspondientes. Otros autores señalan que, a una temperatura de 55° C la transformación del compost es más rápida, sin embargo, a partir de los 67 °C se produce una máxima liberación de amoníaco (Bohórquez, 2019).

Tabla 12

Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de N

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	0.06	3	0.0189	2.23	3.49	0.14	N S
Error	0.10	12	0.0085				
CV	6.80						

La tabla 12 muestra el análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de nitrógeno, donde F. calculado (2.23) es menor que F. tabular (3.39), asimismo el valor de probabilidad P (0.14) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, no existe diferencia

significativa estadística entre tratamientos para la variable Nitrógeno; con un coeficiente de variación de 6.80 %

De acuerdo a los resultados obtenidos, los valores de Nitrógeno están dentro de los rangos establecidos, demostrando que el proceso de compostaje se ha realizado en buenas condiciones, obteniendo valores homogéneos para todos los tratamientos evaluados.

e. Análisis de los valores del porcentaje de Fósforo (P)

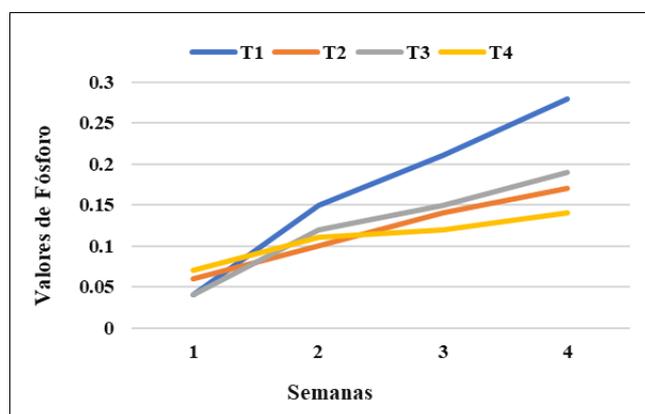
Tabla 13

Porcentaje de Fósforo disponible del compost según tratamientos

Tratamientos	Semanas					Promedios %	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	0.01	0.04	0.15	0.21	0.28	0.17	±0.11
T ₂	0.01	0.06	0.10	0.14	0.17	0.12	±0.06
T ₃	0.01	0.04	0.12	0.15	0.19	0.13	±0.07
T ₄	0.01	0.07	0.11	0.12	0.14	0.11	±0.05

Figura 11

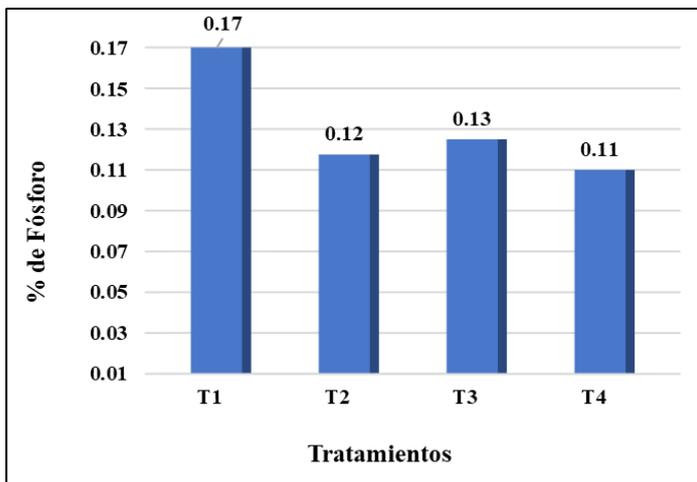
Registro semanal de Fósforo



La tabla 13 y la figura 11 muestran los valores de fósforo registrado en las cuatro semanas evaluadas, donde se evidencia que en el tratamiento uno se obtiene mayor cantidad de este elemento, Moreno y Moral (2008) señalan que los residuos provenientes de animales como estiércol, contenidos estomacales, sangre, huesos, pelo, fragmentos de tejidos gruesos, entre otros, son materiales ricos en proteínas y grasas, por lo tanto, presenta un notable contenido de nitrógeno, así como también fosforo, potasio y calcio.

Figura 12

Porcentaje de P disponible en el compost



La tabla 13 y la figura 12 muestran el análisis de los valores del porcentaje de Fosforo, en el material de partida de obtuvo un 0.01 % de P, para todos los tratamientos, obteniendo como promedios una ligera variación entre todos los tratamientos que van desde 0.11 % que es el más bajo para el T₄ y el más alto es para el T₁ con 0.17. Los tratamientos T₂, T₃ y T₄ tuvieron menores porcentajes de fósforo que el T₁.

El pH cercano a neutro es el que garantiza un compost de buena calidad, dado que este tiene gran influencia sobre la disponibilidad de los nutrientes (Bures, 1997), por otro lado Guo et al., (2012) señala que los factores involucrados en el proceso de compostaje como

aireación, relación inicial C/N y contenido de humedad influyen en el contenido de nutrientes, madurez y estabilidad del compost; asimismo resalta que el contenido de humedad puede afectar la calidad del compost, aunque no significativamente; en este mismo contexto Parkinson et al. (2004) sugirieron reducir los volteos de tres a uno a las pilas de compost durante todo el proceso, para reducir las pérdidas de nutrientes con estiércol bovino. De acuerdo a la Norma Chilena Oficial NCh2880.Of 2004, el compost debe presentar un contenido de fósforo total menor o igual a 0.1%, equivalente a 0.23% de P₂O₅. Por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación están dentro del rango establecido de esta norma.

Tabla 14

Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de P

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	0.007	3	0.0023	2.66	3.49	0.10	N S
Error	0.011	12	0.0009	24.84			
CV	27.54						

La tabla 14 muestra el análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de Fosforo de todos los tratamientos evaluados, donde F. calculado (2.66) es menor que F. tabular (3.49), además el valor de probabilidad P es menor (0.10) que el nivel de significancia (0.05), por lo que no existe diferencia estadística entre los tratamientos para la variable Fósforo, con un coeficiente de variación de 27.54 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidencia que el proceso de compostaje se llevó a cabo en condiciones óptimas, obteniendo el valor más alto para el T1, esto se debería a que en este tratamiento el pH es más cercano a neutro el cual favorece la disponibilidad de

nutrientes. Aunque no exista diferencia significativa, el porcentaje de P podría estar condicionado por factores externos durante el proceso de compostaje, como el contenido de humedad y los volteos que se realizaron a cada cama o pila. Además, debido a los valores de pH obtenidos en el T₁, y que son más cercanos al pH neutro, se podría tener un efecto positivo sobre la disponibilidad de nutrientes y por lo tanto un mayor porcentaje de fósforo en el compost obtenido en el T₁.

f. Análisis de los valores del porcentaje de Potasio (K)

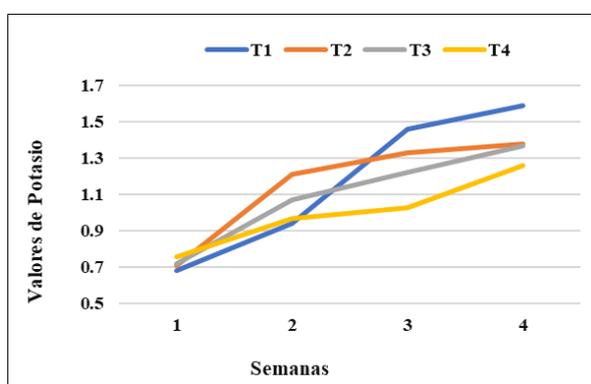
Tabla 15

Porcentaje de Potasio disponible en el compost según tratamientos

Tratamientos	Semanas					Promedio %	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	0.54	0.68	0.94	1.46	1.59	1.17	±0.47
T ₂	0.54	0.71	1.21	1.33	1.38	1.16	±0.38
T ₃	0.54	0.72	1.07	1.22	1.37	1.10	±0.35
T ₄	0.54	0.76	0.97	1.03	1.26	1.01	±0.27

Figura 13

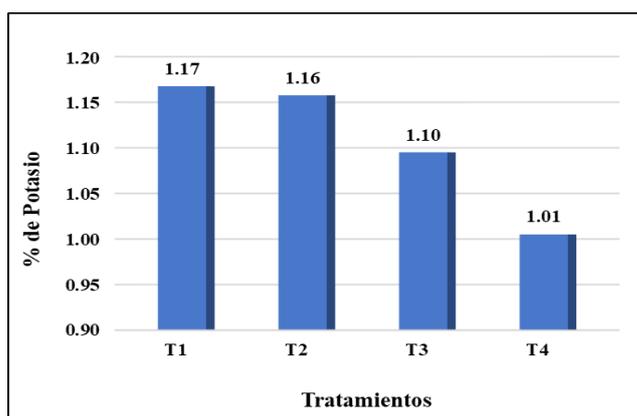
Registro semanal de potasio



La tabla 15 y la figura 13 muestran el registro de potasio de las cuatro semanas evaluadas durante el proceso de compostaje donde se obtuvo un incremento en la semana cuatro.

Figura 14

Porcentaje de K disponible en el compost



La tabla 15 y la figura 14 muestran el análisis de los valores del porcentaje de Potasio en el proceso de compostaje para todos los tratamientos evaluados, se aprecia que el material de partida obtuvo 0.54 % de K para todos los tratamientos, asimismo se obtuvieron los promedios, donde el T₄ registra el valor más bajo con 1.01 % y el valor más alto es para el T₁ con 1.17 % de Potasio. Los resultados obtenidos están dentro de los rangos normales de la FAO (2013), donde establece que un buen compost debe contener entre 0.5 a 1.8 % de potasio.

Tabla 16*Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de K*

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	0.05	3	0.018	1.42	3.49	0.28	N S
Error	0.15	12	0.013				
CV	11.28						

La tabla 16 muestra el análisis de varianza para el porcentaje de Potasio para todos los tratamientos evaluados, donde F. calculado (1.42) es menor que F. tabular (3.49), asimismo el valor de probabilidad P es de (0.28) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo que no existe diferencia estadística significativa para la variable potasio entre los tratamientos, con un coeficiente de variación de 11.28 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos, a pesar de que el T₁ tenga ligeramente valores mayores de Potasio, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes por sus valores de pH más cercanos al neutro, los tratamientos tienen resultados homogéneos y se encuentran en los rangos recomendados.

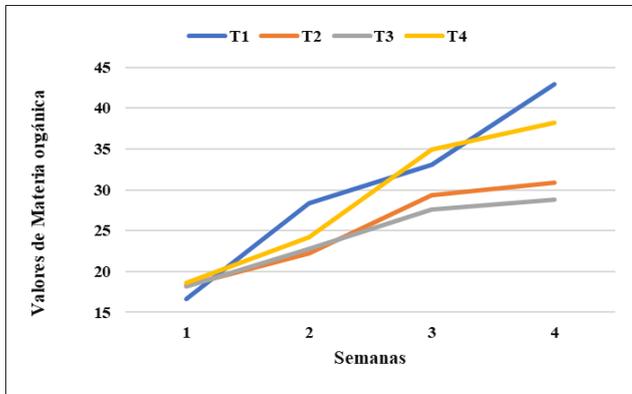
g. Análisis de los valores del porcentaje de Materia Orgánica

Tabla 17*Porcentaje de Materia Orgánica del compost según tratamientos*

Tratamientos	Semanas					Promedios %	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	13.75	16.65	28.42	33.07	42.98	30.28	±12.01
T ₂	13.75	18.3	22.26	29.33	30.85	25.19	±7.24
T ₃	13.75	18.14	22.74	27.60	28.77	24.31	±6.33
T ₄	13.75	18.62	24.21	34.91	38.20	28.99	±10.44

Figura 15

Registro semanal de materia orgánica

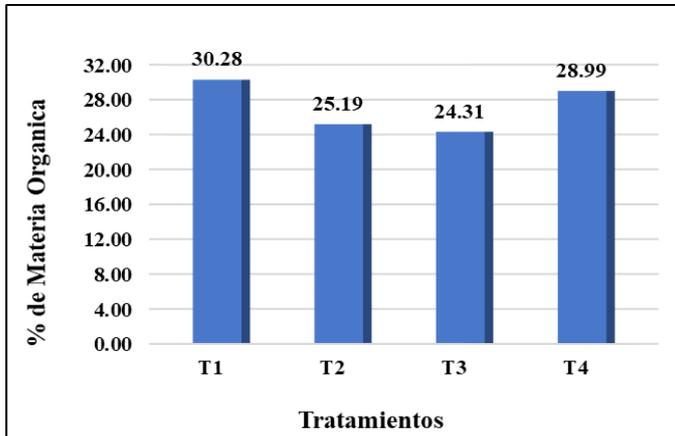


La tabla 17 y la figura 15 muestran el contenido de materia orgánica en el proceso de compostaje durante cuatro semanas, donde se obtiene un incremento de la mismas en la última semana, todos los tratamientos obtuvieron un buen porcentaje de material orgánica, debido a que la materia prima inicial tiene un alto contenido de materia orgánica.

Sin embargo, en las investigaciones consultadas como el de Suni-Torres (2018) señala que, a lo largo del compostaje el contenido en materia orgánica (MO) debe ir disminuyendo, en forma proporcional en función del desarrollo del proceso, pero también del tipo de material orgánico y de su degradabilidad.

Figura 16

Porcentaje de Materia Orgánica en el compost



La tabla 17 y la figura 16 muestran el análisis de los valores del porcentaje de materia orgánica para todos los tratamientos evaluados, donde el material de partida inició el compostaje con 13.75 % de materia orgánica para todos los tratamientos ensayados, sin embargo se obtuvo un aumento en los datos promedios de todo el proceso, donde el T₁ registra el más alto contenido de Materia orgánica con 30.28 %, seguido del T₄ con 28.99 %, en el T₂ se obtuvo 25.19 y por último, el T₃ registra 24.31 % de materia orgánica. Los resultados arrojados del laboratorio como producto final se obtuvo un promedio de 35.20 %, el cual está dentro de la clase B de la Norma Técnica – Chilena N° 2880 2003, donde indica que un compost que haya llegado a su estado de madurez, el contenido de materia orgánica debe ser mayor o igual a 25 %, del mismo modo, la FAO (2013), señala que el rango normal del contenido de materia orgánica esta entre 25 – 50 %.

Tabla 18

Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de Materia Orgánica

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	80.22	3	26.74	2.94	3.49	0.08	N S
Error	109.11	12	9.09				
CV	12.31						

La tabla 18 muestra el análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de materia orgánica de todos los tratamientos evaluados. Donde F. calculado (2.94) es menor que F. tabular (3.49), asimismo el valor de probabilidad P (0.08) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa para la variable materia orgánica entre los tratamientos ensayados, con un coeficiente de variación de 12.31 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se evidencia que al inicio se obtiene un porcentaje bajo de materia orgánica y al finalizar el proceso se eleva el contenido de materia orgánica, probablemente debido a la formación de nuevos materiales orgánicos durante el compostaje, pues a pesar de que el material fue debidamente triturado, el contenido total de materia orgánica pudo no estar disponible al inicio del compostaje por haber material relativamente más grueso, el cual fue degradándose durante el compostaje, obteniendo partículas más finas de materia orgánica hacia el final del período de evaluación. A pesar que T₁ tiene mayor contenido de materia orgánica, los tratamientos tienen resultados homogéneos y se encuentran en los rangos recomendados.

h. Análisis de los valores del porcentaje de Carbono

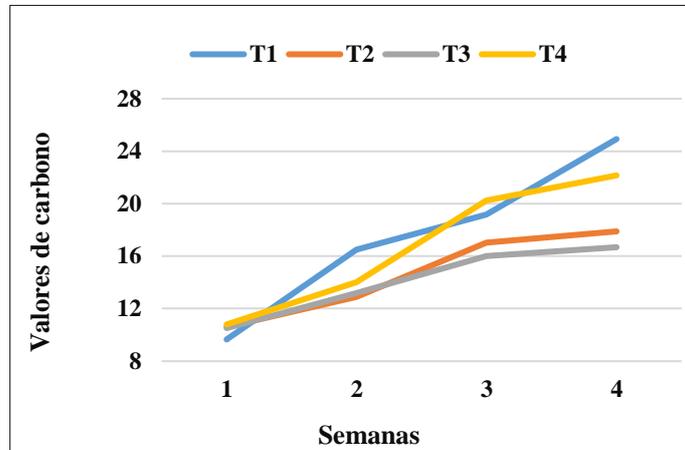
Tabla 19

Porcentaje de Carbono (C) presente en el compost

Tratamientos	Semanas					Promedio %	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	7.98	9.657	16.4836	19.1806	24.93	17.56	±6.97
T ₂	7.98	10.614	12.9108	17.0114	17.89	14.61	±4.20
T ₃	7.98	10.5212	13.1892	16.008	16.69	14.10	±3.67
T ₄	7.98	10.7996	14.0418	20.2478	22.16	16.81	±6.05

Figura 17

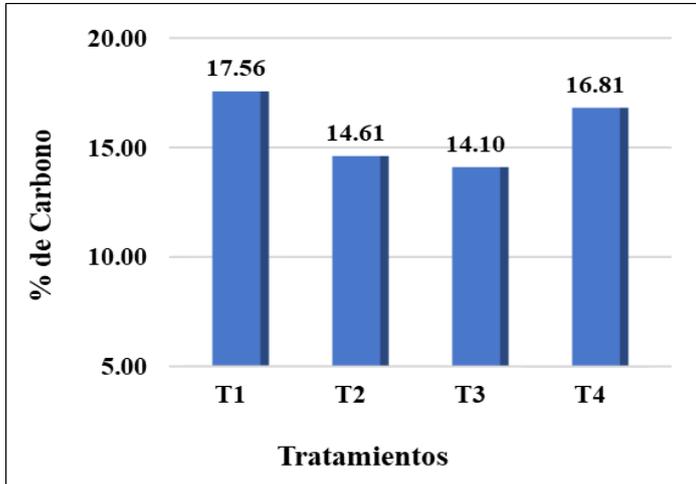
Registro semanal de Carbono



La tabla 19 y la figura 17 muestran el registro de carbono durante las cuatro semanas de compostaje donde en la última semana se evidencia el incremento de este elemento.

Figura 18

Porcentaje de Carbono en el compost



La tabla 19 y la figura 18 muestran el análisis de los valores del porcentaje de Carbono para todos los tratamientos evaluados, donde el material de partida tuvo 7.98 % de carbono para todos los tratamientos; asimismo, se obtuvo los promedios, el valor más alto registra el T₁ con 17.56 %, seguido de T₄ con 16.81 %, el T₂ registra 14.61 % y el T₃ es igual a 14.10 % de Carbono. Se evidencia que el tratamiento testigo fue el que obtuvo un porcentaje mayor de carbono con respecto a los demás tratamientos. Sin embargo, investigaciones consultadas como es el de Naranjo (2013), registraron lo contrario, donde concluyen que el aporte de los microorganismos eficaces en el proceso de compostaje, tiene influencia de forma favorable en el proceso, por cuanto, en general, todos los tratamientos que recibieron aplicación de microorganismos reportaron mayor porcentaje de nutrientes a lo establecido en el testigo.⁷

Tabla 20

Análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de Carbono

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	26.99	3	9.00	2.94	3.49	0.08	NS
Error	428.60	4	107.15				
CV	12.31						

La tabla 20 muestra el análisis de varianza ANOVA para el porcentaje de Carbono de todos los tratamientos evaluados, donde F. calculado (2.94) es menor que F. tabular (3.09), además el valor de probabilidad P (0.08) es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa para la variable Carbono entre los tratamientos ensayados, con un coeficiente de variación de 12.31 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el porcentaje de carbono está relacionado con el porcentaje de materia orgánica. En este caso los tratamientos obtuvieron resultados homogéneos y se encuentran dentro de los rangos recomendados.

i. Análisis de los valores de la relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

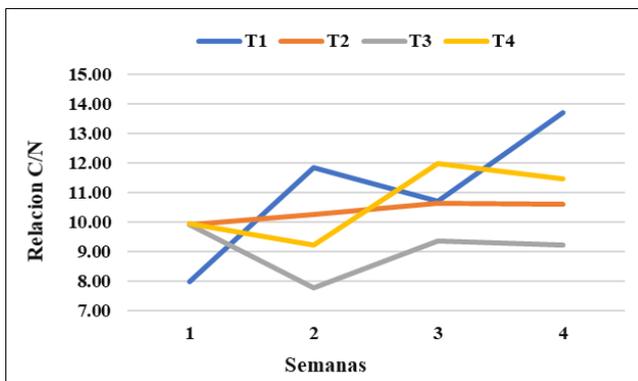
Tabla 21

Relación Carbono-Nitrógeno del compost

T	Semanas					Promedio	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	11.56	7.98	11.86	10.72	13.70	11.07	±2.09
T ₂	11.56	9.91	10.25	10.63	10.59	10.35	±0.62
T ₃	11.56	9.91	7.79	9.36	9.22	9.07	±1.36
T ₄	11.56	9.95	9.24	11.98	11.48	10.66	±1.18

Figura 19

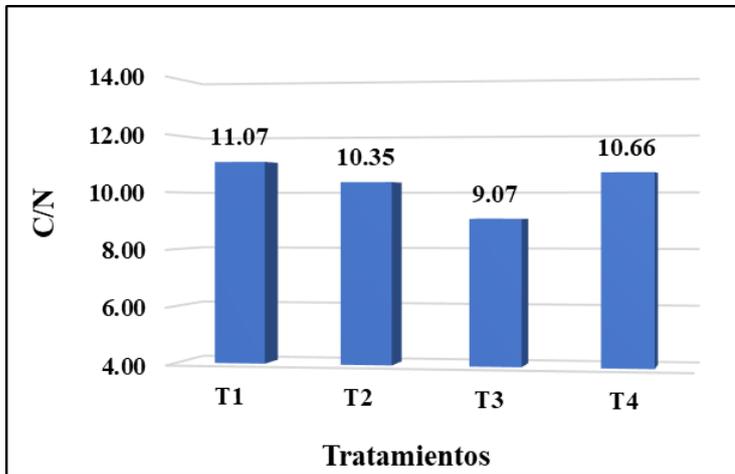
Registro semanal de la relación C/N



La tabla 21 y la figura 19 muestran la relación carbono nitrógeno donde se presentan valores similares en las cuatro semanas durante el proceso de compostaje, dado que se ha utilizado un solo tipo de residuos provenientes del camal para todos los tratamientos, obteniendo como resultados entre 9.07 a 11.07. Uicab y Sandoval (2003) señalan que, cuando la relación C/N es de 10 el N es mayor, además mencionan que, los residuos de origen animal presentan por lo general una relación C/N relativamente baja, sin embargo, los residuos de origen vegetal presentan una relación C/N elevada.

Figura 20

Relación C/N en el compost



La tabla 21 y la figura 20 muestran el análisis de la relación C/N, de todos los tratamientos evaluados. Donde el material de partida tuvo 11.56 para todos los tratamientos, existiendo una ligera variación en los promedios, el valor más alto registra el T₁ con 11.07, seguido de T₄ con 10.66, el T₂ tiene 10.35 y el T₃ con 9.07 de C/N. La relación carbono nitrógeno es relativamente bajo dado por el tipo de materia prima que se ha utilizado, por lo que es indispensable mezclar apropiadamente con restos vegetales (Bohórquez, 2019). La relación C/N varían en función a los materiales de partida utilizados, el rango ideal oscila ente 15:1 - 35:1, esta relación varia a lo largo del proceso del compostaje (FAO, 2013).

Tabla 22

Análisis de varianza ANOVA para la relación C/N

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	7.14	3	2.38	1.54	3.49	0.25	N S
Error	18.54	12	1.55				
CV	12.05						

La tabla 22 muestra el análisis de Varianza ANOVA para la relación Carbono/Nitrógeno, para todos los tratamientos evaluados, donde F. calculado (1.54) es menor que F. tabular (3.49) y el valor de probabilidad P (0.25) es mayor al nivel de significancia (0.05), por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa para la variable C/N, en los tratamientos ensayados, con un coeficiente de variación de 12.05 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos, a pesar que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos, el tratamiento T₁ obtuvo mejores resultados, ya que sus valores están más cerca de los rangos recomendables para la relación C/N.

j. Análisis de los valores de coliformes totales

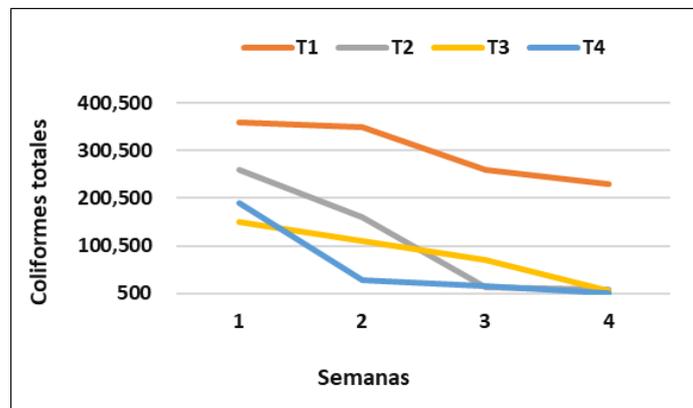
Tabla 23

Contenido de coliformes totales presentes en el compost

Tratamientos	Semanas					Promedio	Desviación estándar
	0	1	2	3	4	ufc/gr	
T ₁	330,000.00	360,000	350,000	260,000	230,000.00	300,000.00	±64,807.4
T ₂	330,000.00	260,000	160,000	13,000	7,200.00	110,050.00	±122,442.9
T ₃	330,000.00	150,000	110,000	71,000	6,300.00	84,325.00	±61,204.2
T ₄	330,000.00	190,000	28,000	15,000	900.00	58,475.00	±88,378.9

Figura 21

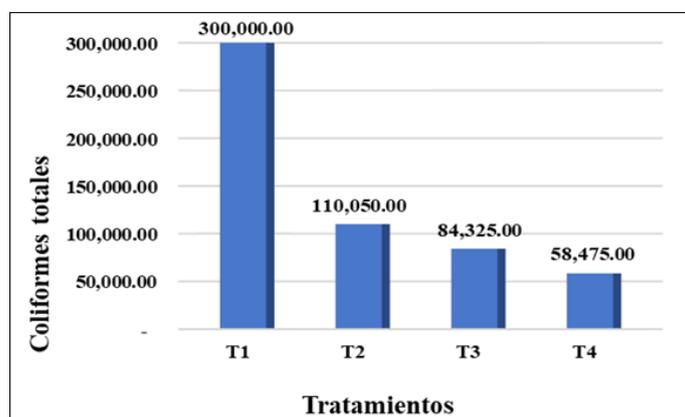
Registro semanal de coliformes totales



La tabla 23 y la figura 21 muestran el registro semanal de la presencia de coliformes totales donde el tratamiento 1 obtuvo mayor cantidad de coliformes fecales, los demás tratamientos también presentaron coliformes totales sin embargo fue disminuyendo la cantidad en la última semana.

Figura 22

Presencia de coliformes totales en el compost



La tabla 23 y la figura 22 muestran el contenido promedio de coliformes totales de todos los tratamientos evaluados, donde el T₁ obtuvo la mayor cantidad de coliformes totales con 300,000.00 ufc, seguido del T₂ se tuvo 110,050.00 ufc, el T₃ se obtuvo 84,325.00 ufc y por último el T₄ con 58,475.00 ufc.

Tabla 24

Análisis de varianza ANOVA para el contenido de coliformes totales

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	115911300000	3	38645603333	10.46	3.49	0.001149	*
Error	44345440000	12	3695453333				
CV	34.43						

La tabla 24 muestra el análisis de varianza del contenido de coliformes totales para todos los tratamientos evaluados, donde F. calculado (10.46) es mayor que F. tabular (3.49), asimismo el valor de probabilidad P es menor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, si existe diferencia estadística significativa para la variable coliformes totales en los tratamientos ensayados, con un coeficiente de variabilidad de 34.43 %.

Tabla 25

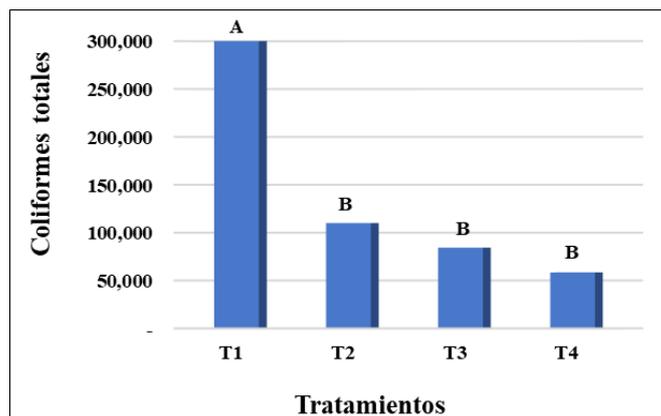
Prueba de significancia Duncan para la variable coliformes totales

Tratamientos	Promedio	Significancia
T1	300,000.00	A
T2	110,050.00	B
T3	84,325.00	B
T4	58,475.00	B

Hay diferencias estadísticas entre el T₁ y los tratamientos T₂, T₃ y T₄. Jara et al., (2016) refiere que los subproductos que son procedentes de sacrificio y faenado del ganado como es el estiércol y el contenido ruminal presentan una elevada concentración de contaminantes bacteriológicos, dada su naturaleza y procedencia intestinal y que es estas bacterias se pueden reducir a través del proceso de compostaje

Figura 23

Diferencia de medias por tratamiento



La tabla 25 y la figura 23 muestran la prueba de Duncan con un 95 % de probabilidad, para la variable coliformes totales, de todos los tratamientos evaluados, donde existen diferencias significativas entre las medias de los siguientes tratamientos: T₁ – T₄, T₁ - T₃, T₁ -

T₂; en los tratamientos T₂ – T₄, T₂ – T₃ y T₃ – T₄, no existen diferencias significativas entre sí, considerándose iguales entre los tratamientos comparados.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la presencia de coliformes totales al final del proceso de compostaje se debe a la fuente de agua que se empleó para dicho proceso, y que corresponde al Comité de Agua del sector Fila Alta III Etapa, la cual no recibe ningún tipo de tratamiento, pudiendo llevar consigo microorganismos que pueden contaminar el sustrato, así como a la presencia de insectos voladores (moscas) que aparecieron durante el proceso de compostaje, considerándose como vectores de patógenos que pudieron contaminar el sustrato, sin embargo, debido al aumento de la temperatura al inicio del compostaje, se fue eliminando la mayoría de coliformes totales. La diferencia estadística entre el tratamiento T₁ y los tratamientos T₂, T₃ y T₄ se debe a que se lograron mejores resultados en los tratamientos T₂, T₃ y T₄ en los cuales se inocularon microorganismos eficaces, en comparación con T₁ que no recibió ninguna dosis, por lo que se considera que la inoculación de los microorganismos eficaces contribuyen a la eliminación de microorganismos patógenos, y por lo tanto, a la calidad del compost.

k. Análisis de los valores de coliformes fecales

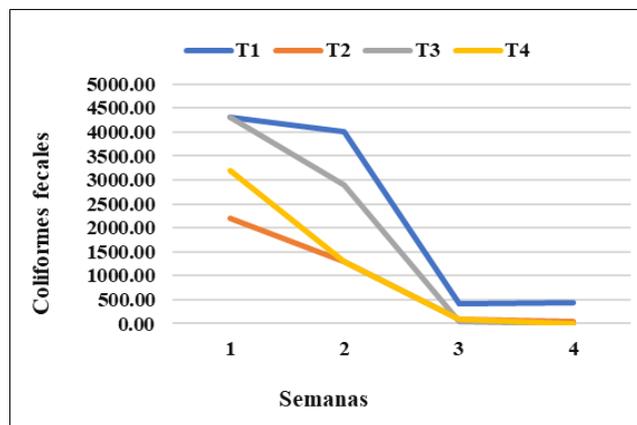
Tabla 26

Contenido de coliformes fecales presentes en el compost

Tratamientos	Semanas					Promedios ufc/gr	Desviación estándar
	0	1	2	3	4		
T ₁	5600.00	4300.00	4000.00	420	430.00	2,287.50	±2,154.12
T ₂	5600.00	2200.00	1300.00	100	50.00	912.50	±1,034.71
T ₃	5600.00	4300.00	2900.00	50	10.00	1,815.00	±2,138.98
T ₄	5600.00	3200.00	1300.00	90	0	1,147.50	±1,491.20

Figura 24

Registro semanal de coliformes fecales

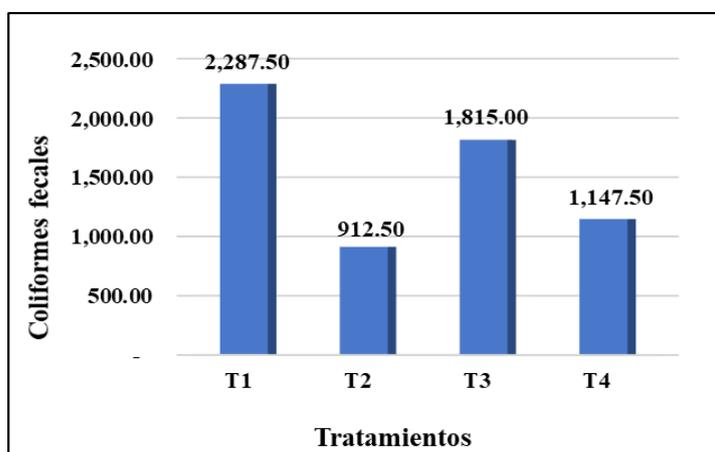


La figura 24 y la tabla 26 muestran el registro de coliformes fecales de las cuatro semanas de evaluación, donde se obtuvo mayor presencia de residuos fecales en el tratamiento uno. Similares resultados obtuvo Rafael (2015) del conteo de número de coliformes fecales de las muestras de seis pilas de compostaje donde obtuvo un valor más alto con presencia de coliformes fecales en el tratamiento con proceso mecanizado sin dosificación (0% de EM). Por otro lado, la norma chilena (NCh2880.0f2004) señala que, el

compost debe tener una densidad de Coliformes fecales menor a 1000 NMP/g de compost, por lo tanto, el T4 es que no presento coliformes fecales en la cuarta semana, por lo que se evidencia que los microorganismos eficaces son muy importantes para la eliminación de coliformes totales y fecales.

Figura 25

Coliformes fecales presentes en el compost



La tabla 26 y figura 25 muestra el contenido promedio de coliformes fecales de todos los tratamientos evaluados, el T₁ contiene la mayor cantidad de coliformes fecales con 2287.50 ufc, seguido del T₃ que obtuvo 1815 ufc, el T₄ con 1147.50 y para el T₂ se obtuvo 912.50 ufc. Los resultados del análisis microbiológico arrojaron la presencia de coliformes fecales en el compost como producto final obtenido, siendo el más alto para el T₁ con 2287.50 ufc y el más bajo fue de 912.50 ufc. para el T₂; considerándose valores altos, según el Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM, que aprueba estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua; dentro de sus anexos, para la categoría 3: Riego de vegetales para bebida de animales. D1: Riego de vegetales. Agua de riego no restringido (c), dentro del parámetros microbiológicos y parasitológicos, los coliformes termotolerantes es igual 1000 NMP/100 ml. En las dos primeras semanas presentan un alto contenido de coliformes fecales, sin embargo,

existe una disminución en la tercera y cuarta semana obteniendo cero para el T₄ en la cuarta semana. FAO (2013) indica que, los coliformes termotolerantes, también denominados coliformes fecales, que son de la familia Enterobactereaceae, son un grupo de bacterias Gram negativas, a 44.5 °C son capaces de fermentar lactosa y producir indol, un alto contenido de estas bacterias en el compost, indica que el proceso ha sido inadecuado, asimismo sería consecuencia de la adición de insumos como agua contaminada al inicio del proceso; además señala que, por debajo de 1.000 ufc por gramo de peso seco del compost significa que los patógenos entéricos han sido destruidos.

Tabla 27

Análisis de varianza para el contenido de coliformes fecales

Fuente de variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de cuadrados	F. calculado	F. tabular	Probabilidad P	Significancia
Tratamientos	3783015.0	3	1261005.00	3.21	3.49	0.062	N. S
Error	4720060.0	12	393338.33				
CV	26.66						

La tabla 27 muestra el análisis de varianza para el contenido de coliformes fecales de todos los tratamientos evaluados. Donde F. calculado (3.21) es menor que F. tabular (3.49), además el valor de probabilidad P (0.062), es mayor que el nivel de significancia (0.05), por lo tanto, no existe diferencia estadística significativa, con un coeficiente de variación de 26.66 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos, al igual que para los coliformes totales, la presencia de coliformes fecales al final del proceso de compostaje es debido a la fuente de agua que se empleó para dicho proceso, y que corresponde al Comité de Agua del sector Fila Alta III Etapa, la cual no recibe ningún tipo de tratamiento, pudiendo llevar consigo

microorganismos que pueden contaminar el sustrato, así como a la presencia de insectos voladores (moscas) que aparecieron durante el proceso de compostaje, considerándose como vectores de patógenos que pudieron contaminar el sustrato, sin embargo, debido al aumento de la temperatura al inicio del compostaje, se fue disminuyendo la mayoría de coliformes fecales, siendo T₁ , que no fue inoculado con microorganismos eficaces el tratamiento que eliminó menos coliformes totales, mientras se eliminaron completamente en el T₄., por tanto, con una mayor dosificación de microorganismos eficaces, hay una mayor eliminación de microorganismos patógenos.

Tabla 28

Rendimiento y calidad de compost

Tratamientos	Peso del material inicial (kg)	Peso del material final (kg)	Rendimiento %
T ₁	50.00	48.20	96.40
T ₂	50.00	49.10	98.20
T ₃	50.00	47.90	95.80
T ₄	50.00	48.50	97.00

La tabla 28 muestra el rendimiento de compost por tratamiento, donde en el T₂ se obtuvo el mayor rendimiento con 98.20.

Generalmente, en el proceso de compostaje se produce una pérdida de entre el 6 al 10% del volumen total inicial de residuos, debido a los procesos bioquímicos y a la manipulación del material. (Sztern y Pravia, 2001).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el material de partida, que tiene un mayor porcentaje de residuo ruminal para el compostaje, se inició con un porcentaje de humedad de 53 %, es por ello que no hay mucha diferencia de peso entre el inicio y el final del proceso. De acuerdo a los resultados no se evidenció un tratamiento óptimo, esto fue debido a que no

se utilizó material diversificado como material de partida para el compostaje, utilizándose mayormente material con alto contenido de nitrógeno.

Tabla 29

Cuadro resumen

Tratamientos	Parámetros evaluados									
	Rdto.	T	pH	N	P	K	MO	C/N	CF	CT
T1	96.40	27.9	9.87	1.82	0.28	1.59	42.98	13.70	430.00	230,000.00
T2	98.20	27.6	9.97	1.69	0.17	1.38	30.85	10.59	50.00	7,200.00
T3	95.80	28.1	9.99	1.81	0.19	1.37	28.77	9.22	10.00	6,300.00
T4	97.00	27.3	10.02	1.93	0.14	1.26	38.20	11.48	0	900.00
Valores según la FAO, 2013		T. A	6,5 - 8,5	> 1 %	0,1-1%	0,3-1%	> 20	10:1-15:1	0.00	0

El tratamiento que obtuvo algunas variables dentro y otras cercanas a los rangos establecidos fue el T₁ (Testigo) con 80 % de residuos ruminales, 10 % de sangre deshidratada, 10 % de estiércol seco y sin dosificación de microorganismos eficaces, no obstante, fue el tratamiento que tuvo mayor presencia de coliformes fecales y totales.

De acuerdo a los tratamientos evaluados, mediante el análisis físico-químico se evidencia que todos los tratamientos fueron similares por que se obtuvieron resultados homogéneos, obteniendo mejores resultados el tratamiento T₁, sin embargo, al evaluar el análisis microbiológico el tratamiento que obtuvo los mejores resultados fue el tratamiento T₄, que en la última semana logró eliminar a los coliformes fecales y logró también una evidente disminución de los coliformes totales, por lo tanto se considera el tratamiento cuatro como el mejor tratamiento, Además se utilizó agua que no fue tratada, el cual también influyó en la calidad del producto final. Por lo tanto la inoculación de Microorganismos eficaces ayudaría en la eliminación de patógenos, considerándose un mecanismo para obtener un compost libre de microorganismos contaminantes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

En la presente investigación se trabajó con residuos provenientes del camal municipal de la ciudad de Jaén; el procedimiento para la obtención del compost estuvo basado en la aplicación de tres dosis diferentes de microorganismos eficaces más un testigo. Donde el T₂ fue el que tuvo mayor rendimiento, sin embargo, no se obtuvo un tratamiento óptimo con respecto a los demás tratamientos ensayados, dado que se utilizó materia prima con alto contenido de nitrógeno, por lo que se debe contar con una materia prima diversificada para la obtención de un compost de buena calidad. De acuerdo al análisis físico-químico se evidencia que todos los tratamientos fueron similares por que se obtuvieron resultados homogéneos, obteniendo mejores valores el tratamiento T₁, sin embargo, el tratamiento T₄ fue el que tuvo mejores resultados por tener menor presencia de coliformes fecales y totales, por lo que la inoculación de Microorganismos eficaces ayudaría en la eliminación de patógenos, considerándose un mecanismo para obtener un compost libre de microorganismos contaminantes.

El reporte de análisis de fertilizantes realizados en laboratorio, produjo los siguientes promedios al inicio del proceso para todos los tratamientos: pH es igual a 9.63, Nitrógeno es igual a 0.69 %, Fosforo 0.01 %, Potasio fue igual a 0.54 %, relación C/N es de 11.56 y Materia orgánica es de 13.75 %. Al finalizar la cuarta semana, se obtuvieron los siguientes resultados: el pH es mayor en el T₄ con un valor igual a 10.02 y es menor en el T₁ con un valor igual a 9.87, por lo tanto, son alcalinos debido a los materiales de partida que se utilizaron que fueron altos en nitrógeno. El porcentaje de Nitrógeno es mayor en el T₄ con un valor igual a 1.93% y es menor en el T₂ con un valor igual a 1.69%. El porcentaje de Fósforo es mayor en el T₁ con un valor igual a 0.28% y es menor en el T₄ con un valor igual a 0.14%. El porcentaje de Potasio es mayor en el T₁ con un valor igual a 1.59% y es menor en el T₄ con un valor igual a 1.26%. El porcentaje de Materia Orgánica es mayor en el T₁ con un valor

igual a 42.98% y es menor en el T3 con un valor igual a 28.77%. La Relación Carbono/Nitrógeno es mayor en el T₁ con un valor igual a 13.70 y es menor en el T₃ con un valor igual a 9.22.

Los resultados de los análisis microbiológicos muestran al inicio del proceso, altos contenidos de coliformes tanto para fecales y totales, que para la semana 1 es igual a 4300.00 ufc tanto para el T₁ y T₃, y los coliformes totales fue igual a 360000 para el T₁, sin embargo, fue disminuyendo y en la cuarta semana se obtuvo valores más bajos, 0 ufc/gr. para el T₄ de coliformes fecales y asimismo para coliformes totales el T₄ es de 900 ufc/gr.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arista, A. y Verástegui, U. (1993). Mataderos. Recuperación, reutilización y tratamiento de desechos. Caso Camal Moderno. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Barrena, R (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas espirométricas en el seguimiento del proceso. Memoria de tesis. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Bejarano, E. & Delgadillo, S. (2007). Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá “La Modelo” por medio de la utilización de Microorgan
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). (2009). Proyecto de Reducción de Pobreza y Mejora de las Condiciones Higiénicas de los Hogares de la Población Rural de Menores Recursos. Convenio Fondo Especial de Japón / BID ATN/JO-10792 UR. Edición N° 1. [/https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf](https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf)
- BIOEM PERÚ. (2014). EM•COMPOST®. Cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural. Pp (1 y 2). <http://www.bioem.com.pe/productos/>
- Bohórquez, L. J. (2018), Transformación del contenido rumial de la planta de sacrificio de Villapinzon, en abono orgánico: una estrategia de mitigación de impacto ambiental. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Maestría en desarrollo sostenible y medio ambiente. 118 p.

- Bohórquez, W. (2019). El proceso de compostaje. Libros en acceso abierto. 72.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/libros/72>.
- Bongers, T, Esquivel, A. (2015). Morfología de los nematodos. Manual. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://nemaplex.ucdavis.edu/Courseinfo/Curso%20en%20Espanol/Costa%20Rica%20Course/Esquivel%20ManualIdentif%202015.pdf
- Camal Municipal de Jaén “Régulo Bernal Torres”. (2018). Beneficio de Ganado durante el año 2017. Jaén, Cajamarca, Perú.
- Campo, R., Brenes, L., Jiménez, M. F., (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. Encuentro de investigación y extensión. 8 p. DOI: 10.18845/tm.v29i8.2982.
- Castro, M. y Vinueza, M. (2011). Manual para el manejo adecuado de los residuos sólidos generados por el Camal Municipal de Riobamba. Tesis. Pp (3-13). Ecuador.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/1294/1/26T00003.pdf>
- Cifuentes, O. I. (2009). El contenido ruminal un recurso mal aprovechado. Colombia. Pp (1-4). <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/contenido-ruminal-recurso-mal-t28120.htm>
- Cun, M. L., Álvarez C. A. (2017). Estudio de impacto ambiental de un camal municipal urbano en la provincia de el Oro. Ecuador. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. UTMACH. 335 – 344 p.

- Chaparro, A. A., Herrera F. B., Vera M. M., Barahona J. C. (2020). Utilización de microorganismos eficientes para la elaboración de compost a partir de residuos orgánicos. *Sincretismo. Revista de Divulgación Científica*. Volúmen: 01, Número: 001. <https://revistas.unam.edu.pe/index.php/sincretismo/article/download/34/20/>
- Delgado, M., Mendoza, K. L., Gonzáles, M. I., Tadeo, J. L., Martín, J. V. (2020). Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustratos. *Rev. Int. Contam. Ambient* vol.35 no.4 Ciudad de México. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- Eche, F. P. (2011), Elaboración de compost, utilizando desechos orgánicos del centro de faenamiento de Julio Andrade Carchi, Ecuador. Universidad Politecnica Estatal del Carchi. Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario. Artículo Investigación Código: (CI-01-2011). [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/13/2/029%20ARTICULO%20CIENTIFICO.pdf](http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/13/2/029%20ARTICULO%20CIENTIFICO.pdf)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y las Agricultura). (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en America Latina*.
- Fernández-Santisteban, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(2),70-73. ISSN: 0138-6204.: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>
- Flórez Conza, C. W. (2012). Causas de la contaminación ambiental del camal Municipal de Juliaca. Páginas: 1, 2, 3, 4, 5. Puno. <http://www.monografias.com/trabajos94/causas->

contaminacion-ambiental-del-camal-municipal-juliaca/causas-contaminacion-ambiental-del-camal-municipal-juliaca.shtml.

FUNDACION MOKITA OKADA, MOA. 1998. Microorganismos Eficaces (EM) y EM-Bokashi en la agricultura natural. Centro de Pesquisa, Ipeúna. Sao Paulo, Brasil. 23 p.

Guo R., Li G., Jiang T., Schuchardt F., Chen T., Zhao Y. y Shen Y. (2012). Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresour. Technol.* 112, 171-178. DOI: 10.1016/j.biortech.2012.02.099

Higa, T. (1995). Studies on Purification and Recycling of Animal Waste Using Effective Microorganism (EM). 7 p.

Higa, T., Parr, J. 1994. Beneficial and Effective Microorganism for a Sustainable Agriculture and Environment. National Nature Farming Research Center

Jara M, Gaibor C. S, Garcia Y, Garcia Y, Guerra Y. R, Chafra A. L. (2016). Parámetros físico-químicos y contenido de coliformes de un compost obtenido a partir de residuos orgánicos del Camal Frigorífico Riobamba. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología.* 2016;5(3):252-63.

Larrea-Murrell, J. A., Rojas-Badía, M. M., Romeu-Álvarez, B., Rojas-Hernández, N. M., & Heydrich-Pérez, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34.

López, R., Casp, A. (2004). Tecnología de mataderos. Mundo-prensa. Madrid. Barcelona. México. chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ricarducatse.files.wordpress.com/2012/01/tecnologic3ada-de-mataderos.pdf

MINAM (Ministerio del Ambiente). (2017). Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM. Aprueban estándares de calidad ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones complementarias. El peruano.

Miranda Huanca, A. y Valle Vera, G. J. (2005). Evaluación de la calidad de los abonos orgánicos producidos en la Universidad EARTH. Página: 4, 5, 6, 9. Guácimo, Costa Rica.http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/abonos_organicos_EARTH.pdf

Moreno, J., Moral, R. (2008). Compostaje. Madrid-España. Editores: Mundi Prensa Libros. ISBN: 978-84-8476-346-8, 84-8476-346-3. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=298016>

Naranjo, E. I. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost. Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ingeniería Agronómica. Ambato – Ecuador. 78 p.

Navarro, M. O. (2007). Determinación de Coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Numero Más Probable. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+agua+NMP+M%C3%A9todo+Colilert.pdf/463a6c8d-122c-4f75-8572-81bd64baa2d2](http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+agua+NMP+M%C3%A9todo+Colilert.pdf/463a6c8d-122c-4f75-8572-81bd64baa2d2)

NCh2880.0f2004. (Norma Chilena Oficial 2004). (2004). Compost-Clasificación y requisitos. Instituto Nacional de Normalización (INN), Santiago, Chile

- OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental). (2014). Fiscalización ambiental en residuos sólidos de gestión municipal provincial. Informe 2013 – 2014. Índice de cumplimiento de los municipios provinciales a nivel nacional
- Ordóñez Andrade, G. M. (2014). Transformación de los lodos generados en el Camal Municipal en compost para uso en el cultivo de vicia (*Vicia sativa*). Página: 16. Ambato – Ecuador. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7811/1/tesis-033%20Maestr%C3%ADa%20en%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Ambiente%20-%20CD%20275.pdf>
- Organización Mundial de la Salud. (2013). Salmonella. Nota descriptiva N°139. Suiza: OMS.
- Parkinson R., Gibbs P., Burchett S. y Misselbrook T. (2004). Effect of turning regime and seasonal weather conditions on nitrogen and phosphorus losses during aerobic composting of cattle manure. *Bioresour. Technol.* 91 (2), 171-178.
- Portocarrero Angulo, A. (2014). Análisis comparativo de tres sustratos orgánicos, en el desarrollo de plántulas de café de la variedad Castillo. Páginas: 63, 64, 65, 76. Manizales, Colombia. <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1744/Analisis%20comparativo%20de%20tres%20abonos%20organicos.pdf?sequence=1>
- Proarca/Sigma (2004). Guía básica de manejo ambiental de rastros municipales. Quito, Ecuador
- Ramos Agüero, D.; Terry A., Elein; Soto Carreño, Francisco y Cabrera Rodríguez, J. A. (2014). Bokashi: abono orgánico elaborado a partir de residuos de la producción de plátanos en Bocas del Toro, Panamá. *Revista Cultivos Tropicales* vol.35 no.2. Página:

5. La Habana, Cuba. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362014000200012
- Ruiz, S. D. (2011). Plan de gestión de residuos de camal del Cantón Antonio Ante. Escuela Politécnica Nacional. 157. P. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3743/1/CD-3437.pdf>
- Sandoval Castro, C. A., & Uicab-Brito, L.A. (2003). Uso del Contenido Ruminal y Algunos Residuos de la Industria Cárnica en la Elaboración de Composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2(2),45-63. ISSN: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93912118001>.
- SENASA. (Servicios de Sanidad Agraria). (2012). Centros de sacrificios de animales. El peruano. https://www.peru.gob.pe/normas/docs/DS_015_2012_AG.pdf
- Shintani, Masaki; L., H. y Tabora, P. (2000). Bokashi. Abono Orgánico Fermentado. Guía para uso práctico. EARTH. Página: 10. Costa Rica, 1ra Edición. <https://bokashi.files.wordpress.com/2010/10/bokashi-Earth.pdf>
- Suaña Quispe, M. E. (2013). Compostaje de residuos orgánicos y de lenteja de agua (*Lemna* sp.) con aplicación microorganismos eficaces. Tesis para optar el título de Magister Scientiae en Agroecología. Páginas: 22, 23, 24, 25. Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/446/EPG429-00429-01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Suni-Torres, L. L. J. (2018). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en compostaje del mercado mayorista metropolitano río seco – la parada. cerro colorado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Escuela de Posgrado Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Naturales y Formales.

Sztern, D.; Pravia, M.A. (2001). Manual para la elaboración de compost, bases conceptuales y procedimientos. Organización panamericana de la salud. Organización mundial de la salud. San José Uruguay. 56p

Talavera. R. M. 2003. Manual de Nematología Agrícola. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Instituto de formación agraria y pesquera. Brasil. 23. P.

Torres Guzmán, C. y Mendoza Llaja, N. J. (2015). Propuesta de un sistema de aprovechamiento de estiércol y sangre del Camal Municipal del Distrito de Jazán, Provincia Bongará, Departamento Amazonas, Perú. Páginas: 9, 10, 11, 12, 14. Chachapoyas-Perú.

<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/836/Propuesta%20de%20un%20sistema%20de%20aprovechamiento%20de%20esti%C3%A9rcol%20y%20sangre%20del%20camal%20municipal%20del%20distrito%20de%20Jaz%C3%A1n%2C%20provincia%20Bongar%C3%A1%2C%20departamento%20Amazonas%2C%20Per%C3%BA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Uicab-Brito, L., & Sandoval Castro, C. A. (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2(2), 45-63.

Valle Cañas, Ricardo S. J. (2004). Evaluación de dos sistemas de producción de bokashi elaborado con desechos de banano (Musa AAB. Gran Enano). Páginas: 6, 7, 8, 9, 10. Guácimo, Costa Rica. http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/bokashi_elaborado_de_banano.pdf

Vargas, M. Calle, N. Ocaña, C. Garay, J. (2019). Calidad microbiológica del agua de consumo humano en el sector Fila Alta – Jaén. Universidad Nacional de Jaén. Artículo científico. Rev. Pakamuros, Vol. 9. N° 4.

Vásquez, M. A. (2017). Efecto de los microorganismos eficaces en la calidad fisicoquímica y microbiológica de los lixiviados del relleno sanitario municipal de Cajamarca. Tesis. Maestría en Ciencias. Gestión Ambiental y Recursos Naturales. Universidad Nacional de Cajamarca. Escuela de Post Grado.

WRC - A. GENDEBIEN, R. FERGUSON, J. BRINK, H. HORTH, M. SULLIVAN AND R. DAVIS. Survey of wastes spread. Final report study contract B4-3040/99/110194/MAR/E3. Report N°: CO 4953-2. Europeas: s.n., 2001.

CAPÍTULO VII

ANEXO

Anexo 1. Constancia de los análisis microbiológicos

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	
	SEDE JAEN	
	"Norte de la Universidad Peruana"	
	Bolivar N° 1342 – Plaza de Armas – Telf. 731907	
	JAEN - PERU	
	LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA	
	"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"	
	Jaén, 09 de Enero del 2019	
	<u>RESULTADOS DE MUESTRAS</u>	
SOLICITUD:	Javier Ernesto Muñoz Moreno	
CAUSA DE LA SOLICITUD DEL ANÁLISIS	Presencia de coliformes fecales	
NOMBRE DEL LAS MUESTRAS	Muestra Inicial	
Distrito	JAEN	
Provincia	JAEN	
Departamento	CAJAMARCA	
<u>ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO</u>		
A. Recuento de coliformes fecales		
● Método : Recuento en placa		
● Medio de cultivo: Agar MacConkey		
Muestras	Coliformes totales	Coliformes fecales
Inicial	33 x 10 ⁴ UFC/g	56 x 10 ² UFC/g
:		
B. Fitonematodos		
● Método: Observación directa		
Muestra	Presencia	Estado
Inicial	Positivo	Inerte
		
Marcelo N. Arteaga Caba		
Bolg. Mctiga. MC		
CSP 1393		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
SEDE JAEN

"Norte de la Universidad Peruana"
Bolívar N° 1342 – Plaza de Armas – Telf. 731907
JAÉN - PERU
LABORATORIO DE BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA
"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

Jaén, 06 de Febrero del 2019

RESULTADOS DE MUESTRAS

SOLICITUD: Javier Ernesto Muñoz Moreno
CAUSA DE LA SOLICITUD DEL ANÁLISIS: Presencia de coliformes fecales
NOMBRE DEL LAS MUESTRAS: T1 T2 T3 T4
Distrito: JAEN
Provincia: JAEN
Departamento: CAJAMARCA

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO

- A. Recuento de coliformes fecales
- Método : Recuento en placa
 - Medio de cultivo: Agar MacConkey

Muestras	Coliformes totales	Coliformes fecales
T1	23 x 10 ⁴ UFC/g	43 x 10 ² UFC/g
T2	72 x 10 ² UFC/g	5 x 10 UFC/g
T3	63 x 10 ² UFC/g	1 x 10 UFC/g
T4	11 x 10 ² UFC/g	Negativo

- B. Fitonematodos
- Método: Observación directa

Muestra	Presencia	Estado
T1	Positivo	Inerte
T2	Negativo	
T3	Negativo	
T4	Positivo	Inerte


Marcela N. Arriaga Cuba
Biol. MEdia MC
CBP 1383

Anexo 2. Constancia de los análisis físico-químico

	 UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS INFORME DE ENSAYO N° 070	Código: CCFG - 036	Versión: 01 Página .../...
---	--	-----------------------	-----------------------------------

1. DATOS :

Solicitante : JAVIER E. MUÑOZ MORENO

Departamento : CAJAMARCA
 Provincia : JAÉN
 Distrito : JAÉN

Anexo :
 N. Parcela :
 Cod. Muestra : COMPOST (INICIAL)
 Fecha : 02/01/19

2. RESULTADO DEL ANÁLISIS SOLICITADO CARACTERIZACIÓN

Lab	Número de Muestra Muestra	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	Análisis Mecánico					Clase textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Aniones	% Sal. De Bases			
				P	K	C	M.O	N			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺ + H ⁺						
				ppm	%	%	%	%			%	%	%	%	meq/100g						
070	COMPOST (INICIAL)	9.63	3.40	145.48	5389.08	7.97	13.75	0.89	-	-	-	-	52.23	26.17	3.27	10.49	12.30	0.00	52.23	52.23	100

*Note: Cabe resaltar que la muestra tomada en campo, no fue recolectada por el personal del laboratorio.
 Los resultados presentados son válidos únicamente para la muestra ensayada, queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita de LABSAG.
 Los resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.*

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



BISCO JESÚS RASCON BARRIOS
RESPONSABLE

RESPONSABLE DE LABSAG

UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS



PEDER CHRISTIAN VALA
RESPONSABLE

RESPONSABLE DEL AREA DE SUELOS LABSAG

Recibi Conforme:

Nombre:

DNI:

Fecha y Hora:

Firma de Conformidad

Calle Elgo Uno N° 342-356-368 - Calle Universidad N° 394 - Chachapoya - Amazonas - Perú
 labirag@unta.edu.pe / labirag@info-csa.edu.pe



INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS

REPORTE DE ANÁLISIS DE FERTILIZANTES

N° SOLICITUD : AFER003-19
SOLICITANTE : JAVIER MUÑOZ MORENO
PROCEDENCIA : CAJAMARCA - JAEN - JAEN
TIPO DE FERTILIZANTE : COMPOST

FECHA DE MUESTREO : 23/01/2019
FECHA DE RECEP. LAB : 28/01/2019
FECHA DE REPORTE : 30/01/2019

ITEM	Número de Muestra				pH	C.E. dS/m	N %	P %	Potasio %	Calcio %	Magnesio %	M.O %
	Laboratorio		Campo									
01	19	01	0005	COMPOST TRA. I	9.87	1.82	1.82	0.28	1.59	7.34	0.36	42.98
02	19	01	0006	COMPOST TRA. II	9.97	2.29	1.69	0.17	1.38	9.81	0.35	30.85
03	19	01	0007	COMPOST TRA. III	9.99	2.14	1.81	0.19	1.37	8.98	0.31	28.77
04	19	01	0008	COMPOST TRA. IV	10.02	1.70	1.93	0.14	1.26	8.50	0.27	38.20

METODOLOGIA:
pH : Potenciometro (1.2.8)
CONDUC. ELECTRICA : Conductimetro (1.2.5)
NITROGENO : Norma Técnica Peruana 311.011 2014
FOSFORO, POTASIO, CALCIO,
MAGNESIO, AZUFRE, SODIO,
HIERRO, COBRE, ZINC,
MANGANESO, BORO : Norma Técnica Peruana 311.557 2013
MATERIA SECA : Norma Técnica Peruana 311.525 2011

Nota: El laboratorio no se responsabiliza por la metodología aplicada para la toma de la muestra del presente reporte.

La Banda de Shilcayo, 30 de Enero del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES
TARAPOTO - PERU


Cesar O. Arevalo Hernandez, MSc
JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Anexo 3. Datos de temperatura en campo

TEMPERATURA			
SEMANA 0			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	1	2	3
1 (TESTIGO)	27.5	27.5	27.5
2 (300 ML EM/50 KG.)	27.5	27.5	27.5
3 (400 ML EM/ 50 Kg.)	27.5	27.5	27.5
4 (600 ML EM/50 KG.)	27.5	27.5	27.5
SEMANA 1			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	1	2	3
1 (TESTIGO)	60.5	51.1	49
2 (300 ML EM/50 KG.)	62.7	63.7	56.9
3 (400 ML EM/ 50 Kg.)	66.8	61.3	51.6
4 (600 ML EM/50 KG.)	61.5	59.3	58.3
SEMANA 2			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	1	2	3
1 (TESTIGO)	31.6	28.7	27
2 (300 ML EM/50 KG.)	32.5	33.2	31.2
3 (400 ML EM/ 50 Kg.)	34	32.6	29.6
4 (600 ML EM/50 KG.)	32.1	31.6	31.2
SEMANA 3			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	1	2	3
1 (TESTIGO)	28	28.1	27.7
2 (300 ML EM/50 KG.)	28.5	29	29
3 (400 ML EM/ 50 Kg.)	29.1	29.4	29.1
4 (600 ML EM/50 KG.)	28.7	28.1	28.2
SEMANA 4			
TRATAMIENTOS	REPETICIONES		
	1	2	3
1 (TESTIGO)	27.7	28.3	27.8
2 (300 ML EM/50 KG.)	27.8	27.5	27.6
3 (400 ML EM/ 50 Kg.)	28	28.2	28
4 (600 ML EM/50 KG.)	27.9	26.9	27.1

Anexo 4. Ficha técnica de BIOEM PERÚ



Jr. Pedro Torres Malarín N°355-Pueblo Libre-Lima
RPM: *11282 / #0045663 / #656656
Movistar: 943603740 / 952086694 / 943629819
Oficina: 01-4630329
informes@bioem.com.pe
www.bioem.com.pe



FICHA TÉCNICA

EM•COMPOST® MICROORGANISMOS EFICACES™

ORIGEN

El EM•COMPOST® es un **producto natural** que contiene microorganismos benéficos. Fue desarrollado en la década de los 80 por el Dr. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, Okinawa, Japón. Actualmente se utiliza en más de 180 países a nivel mundial.

DESCRIPCIÓN

El EM•COMPOST® es una mezcla de diferentes microorganismos naturales. Estos microorganismos no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados. Son microorganismos que promueven procesos de fermentación benéfica, aceleran la descomposición de la materia orgánica y promueven el equilibrio de la flora microbiana, reduciendo la presencia de nematodos en los suelos.

CONTENIDO MÍNIMO UFC/mL

- * Bacterias ácido lácticas 10^4
- * Bacterias Fotosintéticas 10^3
- * Levaduras 10^3
- * Enzimas

DATOS FÍSICOS

Apariencia: líquido color marrón-amarillo

Olor: Fermento-agradable

pH: 3.5

COMPATIBILIDAD

- Es compatible con aceites minerales y fertilizantes.
- No es compatible con cloro, desinfectantes, sulfato de cobre, oxidantes y pesticidas (fungicidas, insecticidas y bactericidas).

ACTIVACIÓN

El **EM•COMPOST**[®] está en latencia (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo tanto antes de usarlo, hay que activarlo.

El activado consiste en 5% de **EM•COMPOST**[®] y 5% de melaza diluidos en 90% de agua limpia en un recipiente herméticamente cerrado. Se deja reposar la mezcla durante siete días. Un olor agrídulce y un pH de 3.5 o menos indican que el proceso de activación está completo.

DOSIS DE APLICACIÓN

- Se recomienda usar 20 litros **EM•COMPOST**[®] Activado por cada 10 TM de materia orgánica a compostar.
- 20 litros **EM•COMPOST**[®] Activado por hectárea vía sistema de riego.

FRECUENCIA DE APLICACIÓN

- Se recomienda hacer aplicaciones semanales o quincenales según las necesidades del cultivo.

Para mayor información, contactar con nuestro equipo técnico.

Atentamente,



www.bioem.com.pe www.em-la.com www.emrojapan.com

Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables de la Tesis: Evaluación de la calidad del compost obtenido de residuos sólidos provenientes del Camal “Régulo Bernal Torres” utilizando Microorganismos Eficaces TM

Hipótesis	Variables	Dimensiones	Definición conceptual	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Unidad de observación
La calidad del compost obtenido de residuos sólidos provenientes del camal “Régulo Bernal Torres” mejora utilizando Microorganismos Eficaces TM .	Variable independiente: Niveles de dosificación de Microorganismos Eficaces TM .	MI Microorganismos Eficaces TM /kg Residuos sólidos de camal.	Cultivo mixto de microorganismos benéficos de origen natural, conformado por: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas y levaduras.	Volumen de dosificación de Microorganismos Eficaces TM	Cuadro de resultados y gráficas.	MI
	Variable dependiente: Características físico químicas y microbiológicas del compost producido.	Residuos sólidos de camal.	Residuo ruminal, estiércol, sangre.	Relación carbono nitrógeno (C/N)	Carbono: Walkley Black Nitrógeno: Kjendall	kg. C/kg. N
				Materia orgánica	Walkley Black	Porcentaje
				Nitrógeno	Kjendall	mg/kg Compost
				Fósforo	Olsen	mg/kg Compost
				Potasio	Espectrofotometría de llama	Porcentaje
				pH	Disolución	Adimensional
				Coliformes totales y fecales	Medición en placas Petri.	Ufc/100 g de compost.
Nemátodos	Método de extracción de nemátodos en suelo.	Número de nemátodos/g de compost.				

Anexo 6. Panel fotográfico: Acondicionamiento de los residuos

Foto 1. Activación de los microorganismos eficaces ®



Foto 2. Dilución de melaza



Foto 3. Dilución del EM-Compost



Foto 4. Remoción de los insumos



Foto 5. Llenado del balde con agua



Foto 6. Sellado del balde



Foto 7. Liberación de gases durante el proceso de activación del EM-Compost



Foto 8. Recolección de la sangre



Foto 9. Remoción constante de la sangre



Foto 10. Sangre deshidratada



Foto 11. Secado de la sangre



Foto 12. Llenado del material sólido en baldes



Foto 13. Escurrimiento del residuo ruminal



Foto 14. Secado del residuo ruminal



Foto 15. Secado del estiércol



Foto 16. Encalado de los insumos



Foto 17. Mezcla y distribución de los insumos



Anexo 7. Panel fotográfico: Inoculación de los microorganismos eficaces ME

Foto 18. Dilución de EM



Foto 19. Aplicación de tratamientos



Foto 20. Volteos periódicos del material experimental



Anexo 8. Panel fotográfico: Medición de parámetros y análisis de laboratorio

Foto 21. Medición de la temperatura



Foto 22. El uso del Termohigrómetro



Foto 23. Cernido del material para el envío al laboratorio



Foto 24. Muestras listas para el análisis en el laboratorio de microbiología



Foto 25. Procesamiento de muestras



Foto 26. Análisis microbiológico

