



# International Journal of Biology Sciences

ISSN Print: 2664-9926  
 ISSN Online: 2664-9934  
 NAAS Rating (2025): 4.82  
 IJBS 2026; 8(2): 34-41  
[www.biologyjournal.net](http://www.biologyjournal.net)  
 Received: 15-12-2025  
 Accepted: 24-01-2026

**Agustín Damián-Nava**  
 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

**Erika Ramírez-Castorena**  
 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

**Mirna Vázquez-Villamar**  
 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

**Yuridia Duran Trujillo**  
 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

**Santo Ángel Ortega-Acosta**  
 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

**Pavel Damián-Díaz**  
 Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión Local, Universidad Autónoma de Guerrero, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

**Dolores Vargas Alvarez**  
 Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

**Corresponding Author:**  
**Dolores Vargas Alvarez**  
 Facultad de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad Autónoma de Guerrero, Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Iguala de la Independencia, Guerrero, C.P. 41101, México

## Physicochemical, nutritional and microbiological analysis of bovine and goat manure composts

**Agustín Damián-Nava, Erika Ramírez-Castorena, Mirna Vázquez-Villamar, Yuridia Duran Trujillo, Santo Ángel Ortega-Acosta, Pavel Damián-Díaz and Dolores Vargas Alvarez**

DOI: <https://www.doi.org/10.33545/26649926.2026.v8.i2a.578>

### Abstract

Composting is an aerobic process that makes possible the utilization of organic wastes where microorganisms participate transforming degradable wastes such as: animal manure and plant residues, which can be safely and beneficially used as biofertilizers and soil amendments. This study evaluated the physicochemical, nutritional, and microbiological composition of two composts: one based on bovine manure and the other on goat manure. A random block design was used, with four treatments, four replications, a compost as an experimental unit (goat and cattle). It was found that in the thermophilic phase temperatures were similar in composting, between 55.12 °C (goat) and 54.25 °C (cattle). The moisture content of both types of compost was initial 80%, then between 70-60% and 34% at the end of composting. The final pH of the composts was 8.5 in goats, which was statistically higher than 7.8 in cattle. The C/N ratio was higher in the daily removal composts with 17.3 in goat and 21.3 in cattle, respectively: the organic matter (OM) was equally higher in composts with daily removal of 21.1 for goats and 16.9 for cattle. In the nutrient content in the goat composts that were removed daily showed values of: N with 0.71%, P with 1700 mg/kg, K 5000 mg/kg, Fe 14648 mg/kg, Mn 350 mg/kg, Zn 91.08 mg/kg and those of cattle, N with 0.46%, P with 700 mg/kg, K with 2700 mg/kg, Fe 12136 mg/kg, Mn 250 mg/kg, Zn 66.16 mg/kg. Goat compost is shown to be superior in terms of macro and micronutrient values, C/N ratio and MO. The microbiological analysis of the goat and cattle composts showed negative results for the presence of *Escherichia coli* and *Salmonella sp.*

**Keywords:** Composting, manure, microorganisms

### Introduction

El compostaje es un proceso de descomposición aeróbica de residuos vegetales y animales, que pueden aprovecharse para reducir el uso excesivo de fertilizantes químicos que han generado fuertes problemas de contaminación en el agua, aire y suelo (Orozco *et al.*, 2017)<sup>[26]</sup>. El manejo de los estiércoles provenientes de la ganadería puede representar una fuente importante de nutrientes cuando son reciclados mediante el compostaje (Pinos *et al.*, 2012)<sup>[31]</sup>. La elaboración de compostas es una práctica de descomposición natural de la cual se obtienen sustratos ricos en nutrimentos; desafortunadamente no siempre conservan su potencial nutritivo, debido a que en ocasiones no se tiene un control en el proceso de compostaje; asimismo, no se tiene certeza en las características, ni de la aportación de nutrientes de la materia prima que se utiliza; por lo que se hace necesario realizar estudios de sus características físicas, químicas y microbiológicas (Del Pino *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2008; López *et al.*, 2015; López *et al.*, 2018)<sup>[10, 29, 17, 18]</sup>.

La temperatura, el pH y la humedad, son parámetros de control comunes utilizados para seguir el proceso de compostaje. La temperatura ayuda a acelerar el proceso y a eliminar los microorganismos patógenos presentes entre los 50 a 70 °C en su fase termofílica o de higienización; mientras que la humedad es un factor clave en las actividades metabólicas de los microorganismos mesófilos y termófilos que conforman las poblaciones mixtas degradando la MO, ésta se debe mantener en la composta entre 40 y 60% y al final del proceso se debe tener un adecuado pH con un valor de entre 7 y 8, (Beltrán *et al.*, 2019; González *et al.*, 2021)<sup>[3, 13]</sup>.

Los más relevante de las compostas cuando se adicionan al suelo, es el incremento de la materia orgánica (MO) y con ello la disponibilidad de nutrimentos (Macías *et al.*, 2020) <sup>[19]</sup>, por lo que es necesario que sea evaluado en las compostas, el contenido de macronutrientes: N, P, K, Ca, Mg y S y micronutrientes: Fe, Cu, Mn, Zn, entre otros; así como, la MO y la relación Carbono-Nitrógeno (García *et al.*, 2009) <sup>[11]</sup>.

La fuente de los materiales degradables del compostaje determina la diversidad y población de los microorganismos patógenos que pueden existir en la composta como *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* que producen diarrea e infecciones en los humanos por lo cual, para garantizar el uso seguro de las compostas en los cultivos, se realizan métodos de evaluación y límites de regulación para identificar estos patógenos (Modupe *et al.*, 2020) <sup>[21]</sup>. Por lo antes indicado, el objetivo de esta investigación fue la evaluación física, química, nutrimental y microbiológica de compostas a base de estiércol bovino y caprino.

## Materiales Y Métodos

### Sitio de estudio

La investigación se realizó en la localidad de Jaleaca de Catalán, Municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México, se encuentra a una Longitud (dec): -99.858056; Latitud (dec): 17.446944 y altitud de 774 m.

La temperatura media del mes más cálido (abril), es de 30.7 °C; mientras que la del mes más frío (enero), de 11.2 °C. La humedad relativa más alta se presenta durante el periodo de junio a octubre, pero el sobresaliente es septiembre con 89% de humedad; por el contrario, el periodo más seco es, de diciembre a abril, pero el más bajo es abril con 54%. Asimismo, la mayor precipitación pluvial, se presenta en septiembre (309 mm); mientras que, la menor es en enero (18 mm) (Anual y mensual del tiempo-Jaleaca de Catalán, México, 2002-2025 <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/jaleaca-de-catalan-clima>).

### Materiales para la elaboración de compostas

Para realizar la composta, se usaron estiércoles secos de bovino y caprino, de aproximadamente, tres meses; así como tierra de monte y hojarasca de diferentes tipos de árboles de: guanábana (*Annona muricata* L.), encino (*Quercus xalapensis* Humb. & Bonpl), mango (*Mangifera indica* L.), cuapinol (*Hymenaea courbaril* L.), tanalocote (*Homalium senarium* ex DC.); además, se utilizó, aserrín de árboles de ayacahuite (*Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl).

### Elaboración de compostas

La elaboración de las compostas se siguió con la metodología reportada por Román *et al.* (2013) <sup>[33]</sup>. Las dimensiones de las pilas fueron de 1.5 m de ancho y 1 m de largo, con un peso de 190 kg; de un volumen de un m<sup>3</sup>, compuestas por 30% de estiércol seco (de tres meses), 30% de tierra de monte y 40% de hojarasca. Ambos tipos de compostas (caprino y bovino) se acomodaron sobre un plástico de polietileno, en capas, en el orden siguiente: hojarasca de 15 cm, estiércol de 15 cm, tierra de monte de 10 cm y aserrín de 10 cm, cada capa fue regada de forma uniforme, luego, se cubrieron con un plástico de polietileno negro con un grosor. La capacidad de campo, se determinó por la prueba del puño (que consiste en tomar un puño del sustrato y apretarlo; si entre los dedos escurren alrededor de

tres gotas de agua y no se desmorona, está bien; cuando salen muchas gotas agua, existe un exceso). Posteriormente, a ambas compostas se les realizaron dos tratamientos de remoción: diariamente y cada tercer día.

La evaluación de las características fisicoquímicas, nutrimental y microbiológica de las compostas consistió en considerar dos factores: factor 1= tipo de estiércol: nivel 1(caprino) y nivel 2 (bovino); factor 2= momentos de remoción de composta (tiempo transcurrido entre una remoción y la siguiente): nivel 1 (remoción diaria) y nivel 2 (remoción cada tercer día); la remoción consistió en revolver dos veces la composta, hacia adelante y luego hacia atrás; asegurando que los materiales quedaran bien mezclados y las temperaturas y humedad lograran mejores condiciones para el trabajo de los microorganismos. Con la combinación entre factores y niveles se obtuvieron los cuatro tratamientos siguientes: caprino + remoción diaria, caprino + remoción cada tercer día, bovino + remoción diaria, bovino + remoción cada tercer día. Cada tratamiento se realizó en 4 repeticiones; obteniendo un total de 16 compostas.

### Registro de temperatura, humedad y pH en el proceso de compostaje

El registro de la temperatura, la humedad y el pH, se realizaron cada ocho días de 12:00 a 14:00 pm, durante el periodo de julio a octubre del 2021. Para la temperatura, se usó un termómetro de mercurio (°C) Brannan®, colocado en la parte media de la composta. La humedad (%) se tomó con un equipo digital Generic® modelo 5-In-1 Soil Tester (%) en la parte media de la composta y el pH con un potenciómetro Hanna® modelo HI98131, con dilución de 10 g de composta en 20 mL de agua destilada.

### Análisis nutrimental

La determinación del contenido nutrimental y materia orgánica se realizó a principios de noviembre; para ello, de cada tratamiento, se usó una muestra compuesta de las cuatro repeticiones, 250 g/repeticiones de cada tratamiento, dichas muestras fueron tamizada y luego pesadas en una báscula digital para cocina ADIR®; posteriormente se colocaron en bolsas de plástico de cierre hermético ziploc® y fueron etiquetadas de acuerdo a las indicaciones del Laboratorio de Análisis de Suelo y Nutrición, Fertilab (donde se analizaron las muestras), con número de certificación: ER-0223/2020.ISO 9001:2015.

### Análisis microbiológico

Al final del compostaje, se hizo la colecta de muestras en base a la NMX-AA-180-SCFI-2018 (establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de manejo especial (RME), así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales); la cuantificación de microorganismos, se hizo en el Laboratorio de Microbiología Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Universidad Autónoma de Guerrero. La determinación de coliformes totales y fecales fue a través del método del número más probable (NMP) y prueba confirmativa para *Escherichia coli* (Camacho *et al.*, 2009) <sup>[5]</sup>. Se inició con la prueba presuntiva: se pesaron 10 g de muestra de los cuatro tratamientos, homogenizando en 90 mL de solución diluyente, enseguida se tomó 1 mL que se agregó en dos

diluciones con 9.0 mL de solución diluyente, posteriormente se sembró por triplicado en tubos de caldo lauril sulfato de sodio (BD Bioxon®) y se dejaron incubar a 35 °C durante 24 h, después se observaron los tubos positivos de los cuales se inocularon tomando un 1.0 mL en tubos de caldo lactosa verde brillante bilis 2% (BD Bioxon®) (coliformes totales) y en tubos de caldo *E.coli* (BD Bioxon®) (coliformes fecales) se incubaron a 35 °C durante 48 h y después se procedió a la lectura de tubos positivos de acuerdo con la tabla presentada por NOM-210-SSA1-2014 para el NMP de coliformes totales y fecales/g de muestra. Para la identificación y aislamiento de *Escherichia coli* de los tubos positivos *E. coli* se sembró en placas de agar Mac Conkey (BD Bioxon®) y se dejó incubar a 35 °C durante 24 h, para confirmar la presencia de *Escherichia coli* se realizaron pruebas bioquímicas en Vogues- proskauer, rojo de metilo, citrato de koser (BD Bioxon®) para posteriormente tomar lectura de los tubos. La identificación de *Salmonella sp.*, se llevó a cabo con base en lo descrito en la NOM-210-SSA1-2014. Se pesaron 10 g agregándose en un medio de pre-enriquecimiento de 90 mL, se incubaron por 18 h a 37 °C, después se transfirió 0.1 mL a un tubo del 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RVS) (SigmaAldrich®) y 1 mL a un tubo conteniendo 10 mL de caldo de Muller-Kauffmann tetratiónato novobiocina (MKTTn) (GranuCult®). El caldo RVS se dejó incubar a 41 °C y el caldo MKTTN a 37 °C por 24 h. Las muestras positivas se inocularon en cuatro medios selectivos (BD Bioxon®); Agar Entérico de Hektoen (EH), Agar Sulfito de Bismuto (ASB), Xilosa Lisina Desoxicolato (XLD) y Agar Verde Brillante (VB). Para las pruebas bioquímicas las colonias típicas *Salmonella sp.*, se inocularon en los medios: Agar de Hierro y Lisina (LIA) (BD Bioxon®), Agar de Hierro y Triple Azúcar (TSI) (GranuCult®) y caldo L-lisina descarboxilasa (BD Bioxon®) se dejaron incubar a 37 °C por 24 h para posteriormente tomar lectura de los tubos.

**Análisis estadístico:** Los datos obtenidos de las variables se ordenaron en el programa Excel y después fueron procesados en el paquete estadístico Statiscal Analysis System SAS® 9.1., en el cual se ejecutó un análisis de varianza y prueba de medias LSD ( $p \leq 0.05$ ).

## Resultados Y Discusión

**Temperatura, humedad y pH durante el proceso de compostaje:** El análisis de varianza para las fechas de muestreo durante el proceso de compostaje (13 semanas), se encontró que las variables temperatura, humedad y pH, fueron altamente significativas (Cuadro 1).

**Table 1:** Analysis of variance of temperature, humidity, and pH variables by sampling dates for goat and cattle Composts.

| Variables   | C V  | DF | Cuadrado medio | Pr > F |
|-------------|------|----|----------------|--------|
| Temperatura | 3.13 | 12 | 538.52         | <.0001 |
| Humedad     | 6.27 | 12 | 845.28         | <.0001 |
| pH          | 3.86 | 12 | 9.09           | <.0001 |

CV (coeficiente de variación); DF (grados de libertad)

El comportamiento de la temperatura en el proceso de compostaje de los dos tipos de composta caprino y bovino presento diferencias, se encontró que en la cuarta semana se registró el valor más alto 55.12 y 54.25 °C, respectivamente, mismos que superan de manera estadística ( $p \leq 0.05$ ), a los valores de la tercera semana (50.12 y 50.00 °C); así mismo esta última supero la segunda semana (50.12 y 48.12 °C, respectivamente) y quinta semana (45.62 en ambas compostas), las semanas que presentaron valores de temperaturas intermedias (45.50 a 30.75 °C) fueron de la sexta a la undécima semana; las semanas con valores estadísticos inferiores fueron de (25.87 a 25.00 °C) terminando el proceso de composta. El comportamiento de la temperatura, entre ambos tipos de compostas, durante el proceso de composteo, no presento diferencias estadísticas (Figura 1).

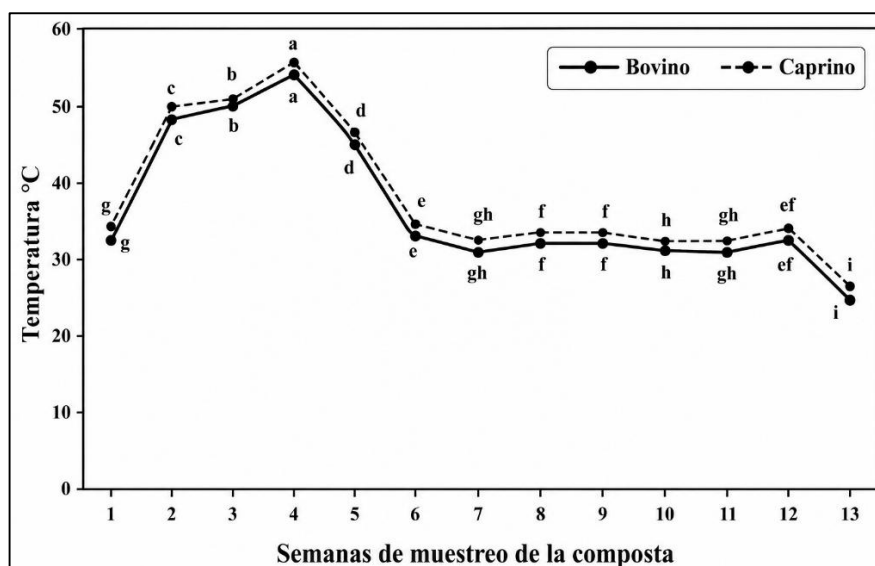


**Fig 1:** Temperature during, the goat and bovine composting process. LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ). Medians with the same letter are not significantly different.

Tortarolo *et al.* (2008) <sup>[34]</sup> indican que el proceso de compostaje se desarrolla en etapas que dependen del comportamiento de la temperatura; en la primera etapa mesófila, la actividad de bacterias y hongos hacen ascender la temperatura hasta unos 40 °C. En una segunda etapa

termófila, la temperatura, está comprendida entre 40 a 60 °C. En la tercera etapa enfriamiento, desciende a temperatura ambiente; mismas etapas se llevaron a cabo en el proceso de compostaje de los cuatro tratamientos de este estudio, en compostas de caprino y bovino. López *et al.*

(2018) <sup>[18]</sup>, encontraron que en las etapas, antes indicadas, al inicio en compostas de caprino presento una temperatura de 28 °C, luego alcanzó, 53 °C y finalmente, descendió a 20 °C; mientras que en las compostas de bovino iniciaron con 25 °C, ascendió a 35 °C y finalizando a los 20 °C; es decir, hubo similitud con esta investigación, solo en compostas de caprino. Delgado *et al.* (2019) <sup>[9]</sup> mencionan que una temperatura mayor a 50 °C en la fase termófila indica que las compostas cumplen los requisitos de higienización; lo que sugiere que las compostas de caprino y bovino de este estudio, se encuentran libres de microorganismos patógenos puesto que, alcanzaron temperaturas de 55 °C y 54 °C. Jara *et al.* (2016) <sup>[16]</sup>, expone que la temperatura que se considera óptima para eliminar la mayoría de los patógenos debe estar entre 60-70 °C.

### Humedad durante el proceso de compostaje

En la primera semana, para ambos tipos de compostas, se presentó el más alto valor de humedad (80%) misma que supero de manera estadística a el periodo de la segunda, tercera y octava semana (74.75 a 54.87%, respectivamente); el resto de las semanas presentaron valores intermedios de humedad (entre 60 y 70%), suficiente para mantener la actividad microbiana en el compostaje, ya que durante el proceso se evapora gran cantidad de agua; que reduce la actividad microbiana; Los valores estadísticamente menores fueron en la última semana del compostaje (34%), que corresponde a la fase de enfriamiento de la composta. El comportamiento de la humedad durante el proceso de compostaje de los dos tipos de composta caprino y bovino, no presentaron diferencias estadísticas. (Figura 2).

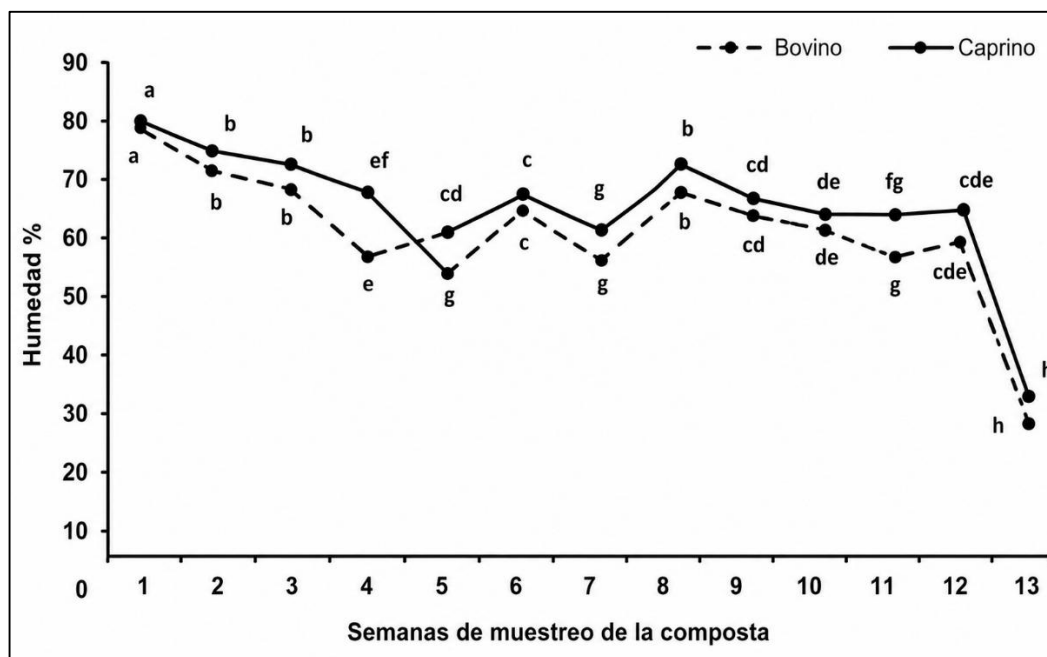


**Fig 2:** Evolution of the moisture during the goat and cattle composting process. LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ). Medians with the same letter are not significantly different.

López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup> indican que en compostas de caprino y bovino durante todo el proceso la humedad se mantuvo en un 60%, en comparación a este estudio que mantuvo estos valores de la segunda semana a la duodécima (70-60%). Estos datos tienen relevancia en la medida de que con una humedad adecuada (50 y 60%) se favorece la actividad más intensa de los microorganismos, lo cual se logra con la aplicación de agua hasta llegar al punto de saturación y la remoción frecuente de las compostas.

Delgado *et al.* (2019) <sup>[9]</sup> y Modupe *et al.* (2020) <sup>[21]</sup>, encontraron que, para un compostaje adecuado, la humedad es un parámetro fundamental en todas sus fases, dado que si la humedad al inicio del proceso está por debajo del 35-40%, la actividad microbiana disminuye, pudiendo llegar hasta la inhibición y afectar todo el proceso; algo similar se presentó en este estudio, se mantuvieron valores entre los 60%, de acuerdo con lo recomendado y lo recomendable es mantenerla entre el 50 y 60% durante el proceso a lo que en este estudio se cumplió en mantener una similitud en valores de humedad de acuerdo con lo recomendado.

### pH durante el proceso de compostaje

El pH registrado en el proceso de compostaje de los dos tipos de composta caprino y bovino, la composta de

estiércol caprino, siempre presento valores más altos y fue estadísticamente diferente a la composta de bovino. Los mayores valores fueron de 8.56 en caprino y 7.81 en bovino, se presentaron en las últimas dos semanas del compostaje, que superaron a las semanas del periodo de la novena a la undécima semana 8.30 y 7.31, respectivamente; los valores de pH intermedio se presentaron de la segunda a la séptima semana, 7.59 en caprino y 6.63 para bovino; los valores estadísticamente inferiores de pH 4.02, se presentaron al inicio del compostaje, en los dos tipos de composta (Figura 3).

Los resultados de este estudio son similares a los reportados por Colín *et al.* (2018) <sup>[7]</sup> en compostas de estiércol caprino reportaron un pH alcalino de 8.8 y Pérez *et al.* (2010) <sup>[30]</sup> en compostas de bovino presentaron valores de un pH final de 7.3. López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup> en compost de caprino y bovino reportaron un pH de 9.0 y 9.1 respectivamente, valores mayores a los obtenidos en este estudio.

### Efecto del periodo de remoción de composta en la temperatura, humedad y pH.

En relación con los parámetros medidos en la comparación entre las compostas de caprino y bovino, se encontró que la

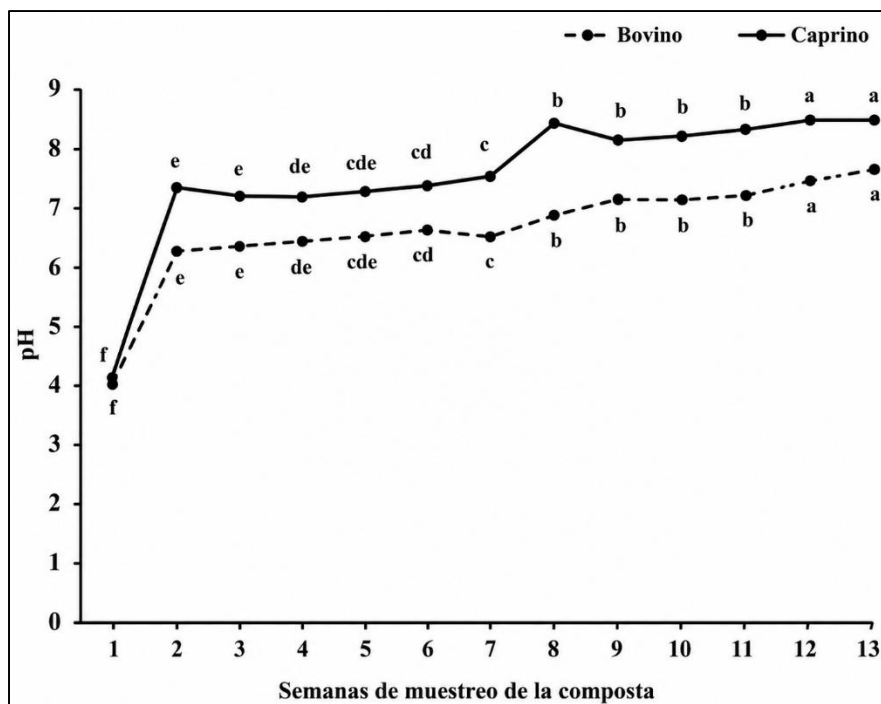


**Fig 3:** Evolution of pH during the goat and cattle composting process. LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ). Medians with the same letter are not significantly different.

temperatura de la composta a base caprino (37.84 °C), fue estadísticamente superior a la de bovino (36.72 °C); similarmente sucedió con el pH (7.62 y 6.78, respectivamente), mientras que la humedad fue similar en ambos tipos de composta (Cuadro 2).

**Table 2:** Comparison of means of composts based on goat and cattle manure, related to temperature, humidity and pH

| Composta | Variables      |          |        |
|----------|----------------|----------|--------|
|          | Temperatura °C | Humedad% | pH     |
| Caprino  | 37.84 a        | 65.05 a  | 7.62 a |
| Bovino   | 36.72 b        | 64.28 a  | 6.78 b |
| Pr > F   | <.0001         | 0.1732   | <.0001 |

Medians with the same letter are not significantly different. LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ).

Campos *et al.* (2016) <sup>[16]</sup> obtuvieron mediciones de temperatura cercanas a los 40 °C, lo que demuestra una relación en la actividad de los microorganismos mesófilos hacia el aumento de la temperatura, esta misma evolución de temperatura se encuentra entre los valores obtenidos en la

composta caprino y bovino de este estudio. Velasco *et al.* (2016) <sup>[35]</sup> recomienda la humedad entre 60% y 70% por lo tanto los valores en las composta de caprino y bovino de este estudio se mantuvieron entre los mismos resultados; aun cuando no se encontraron diferencias entre tipos de compostas. Méndez *et al.* (2018) <sup>[20]</sup> muestra que la adición de estiércol dependiente al origen aumenta los valores de pH, la misma diferencia en la utilización de estiércol caprino y bovino, comparando sus valores de pH de este estudio.

### Temperatura, humedad y pH, en la remoción de las compostas

En cuanto al tiempo de remoción de las compostas, la temperatura y el pH, no presentaron diferencias; mientras que, la humedad de las compostas removidas diariamente (65.32%), supuso de manera estadística a las de remoción de cada tercer día (64%) (Cuadro 3).

Posiblemente, este comportamiento, este relacionado con lo encontrado por Oviedo *et al.* (2014) <sup>[27]</sup> y Méndez *et al.* (2018) <sup>[20]</sup> mencionan que el manejo de la aireación o volteos continuos (remoción) permite mejores condiciones en el proceso de compostaje reflejándose en los resultados de humedad obtenidos en este estudio.

**Table 3:** Comparison of means of the types of compost removal, related to temperature, humidity and pH.

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

Medians with the same letter are not significantly different. LSD ( $\alpha \leq 0.05$ ).

En esta investigación, la ventilación a través de los volteos o remoción de la composta favoreció la mayor degradación de la materia orgánica, lo que reduce la relación C/N, favoreciendo la calidad de la composta; es decir, durante la fase activa del proceso de compostaje el carbono orgánico disminuye en el material debido a la descomposición de MO por los microorganismos, y esta disminución de MO reduce la C/N (López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup>).

### Efecto del periodo de remoción del compostaje en el contenido de macronutrientes

Los valores más altos del contenido nutrimental se obtuvieron en las compostas a base de estiércol caprino, estos fueron: N (0.71 mg/kg), P, (1700 mg/kg), K (10400 mg/kg), Ca, (14599.9 mg/kg), Mg (4100 mg/kg), Na (1200 mg/kg) y S (1600 mg/kg) (Cuadro 4).

**Table 4:** Macronutrients present in the treatments of goat and cattle composts.

| Compostas                          | N%   | P mg/kg | K mg/kg | Ca mg/kg | Mg mg/kg | Na mg/kg | S mg/kg |
|------------------------------------|------|---------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Caprino + remoción diaria          | 0.71 | 1700    | 5000    | 12600    | 4100     | 500      | 1100    |
| Caprino + remoción cada tercer día | 0.59 | 1600    | 10400   | 14599.9  | 3499.9   | 1200     | 1600    |
| Bovino + remoción diaria           | 0.46 | 700     | 2700    | 3300     | 2300     | 200      | 1100    |
| Bovino + remoción cada tercer día  | 0.41 | 700     | 2899.9  | 2300     | 3300     | 200      | 400     |

Nitrogen (N), Phosphorus (P), Potassium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na), Sulfur (S).

En compostas de caprino removidas diariamente, N (0.71%), P (1700 mg/kg), Mg (4100 mg/kg), presentaron valores más altos; mientras que, K (10400 mg/kg), Ca, (14599.9 mg/kg), Na (1200 mg/kg) y S (1600 mg/kg), en las compostas removidas cada tercer día. En compostas a base de bovino, se encontró que los mayores valores, solo fueron de N (0.46%), Ca, (3300 mg/kg) y S (1100 mg/kg) en remociones diarias; mientras que K (2899.9 mg/kg) y Mg (3300 mg/kg), en remociones cada tercer día. (Cuadro 4).

La compostas a base de estiércol caprino, presentó mayor contenido de N debido a que el material inicial contiene una adecuada relación C/N, la cual es eficiente para la mayor liberación del N por la degradación microbiana (Brito *et al.*, 2008); esto se explica debido a que los caprinos se alimentan principalmente por ramoneo y generalmente en plantas de leguminosas; Al respecto, López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup>, encontraron que la relación C/N inicial en la composta a base de estiércol caprino fue de 22.2 y al final del proceso fue de 15.2, lo que indica que los valores de C/N colocan al

compost caprino como mejorador de suelo en la agricultura ecológica.

Da Costa *et al.* (2018) <sup>[8]</sup> indican que en compostas de vegetales y estiércol bovino presentaron valores de N (0.83%), P (7500 mg/kg) y K (5250 mg/kg); algo similar se encontró en suelos fertilizados con composta de bovino, contenidos de N (1.86%), P (7199.9 mg/kg) y K (1200 mg/kg); estos valores de N y P (Olivares *et al.*, 2012) <sup>[25]</sup>; el N y P fueron mayores a los encontrados en esta investigación; mientras que el K, de este estudio, fue mayor. Igualmente en compostas de bovino, Ramírez *et al.* (2021) <sup>[32]</sup> y López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup>, respectivamente, obtuvieron N (2.22 y 1.9%), P (177.42 y 8725 mg/kg) y K (3200 y 28400 mg/kg); estos valores también fueron mayores a los obtenidos en este estudio.

López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup> indican que en compostas de caprino finalizadas, obtuvieron N (2.7%), P (8355 mg/kg) y K (24900 mg/kg); estos valores fueron mayores a los obtenidos en este estudio.

**Table 5:** Micronutrients present in the four treatments of goat and cattle composts.

| Compostas                          | Fe mg/kg | Cu mg/kg | Mn mg/kg | Zn mg/kg | B mg/kg | M.O% | C/N  |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|---------|------|------|
| Caprino + remoción diaria          | 1465     | 9.737    | 350      | 91.08    | 0.10    | 21.1 | 17.3 |
| Caprino + remoción cada tercer día | 6745     | 9.0460   | 204      | 76.00    | 3.35    | 10.1 | 10.0 |
| Bovino + remoción diaria           | 1214     | 11.46    | 250      | 66.16    | 0.10    | 16.9 | 21.3 |
| Bovino + remoción cada tercer día  | 1256     | 11.87    | 289      | 113      | 0.0010  | 11.9 | 16.8 |

### Efecto de remoción del compostaje en el contenido de micronutrientes, MO y C/N

Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Boro (B) M.O (Materia orgánica) y C/N (Carbono-Nitrógeno).

Iron (Fe), Copper (Cu), Manganese (Mn), Zinc (Zn), Boron (B), O.M. (Organic Matter) and C/N (Carbon-Nitrogen).

Los valores más altos, de micronutrientes, se obtuvieron en el estiércol caprino; el Fe (6745 mg/kg) y B (3.35 mg/kg), removidas cada tercer día y Cu (9.73 mg/kg), Mn (350 mg/kg), Zn (91.08 mg/kg), en compostas removidas diariamente (Cuadro 5). Al respecto, López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup> y Hernández *et al.* (2020) <sup>[15]</sup>, respectivamente, encontraron mayores valores en composta de caprino fue: Fe (3235 y 402.63 mg/kg), Zn (3503) y 0.485 mg/kg, Cu (46.5 y 38.15 mg/kg), Mn (870 y 362.70 mg/kg) y B (950 mg/kg).

En la remoción diaria de ambas compostas, caprino (17.3) y bovino (21.3), se logró mayor relación C/N que en remoción cada tercer día (Cuadro 5); valores que fueron inferiores a los reportados (8.13) por Olivares *et al.* (2012) <sup>[25]</sup>, para lombricompostas a base de bovino. Por otra parte, López *et al.* (2018) <sup>[18]</sup> reportó una relación C/N en composta de caprino de 15.2 y bovino de 20.7; mismas que fueron inferiores a las encontrada en este estudio. También fueron inferiores los reportados (12.1), por Da Costa *et al.* (2018) <sup>[8]</sup>, en compostas a base de estiércol bovino. Otro valores inferiores (10.43 compostas de bovinos y 15.9 caprinos)

fueron obtenidos por Acebedo *et al.* (2020) <sup>[1]</sup> y Colín *et al.* (2018) <sup>[7]</sup>, respectivamente.

Los valores más altos de MO, caprino (21.1%) y bovino (16.9%), se lograron con la remoción diaria de las compostas (Cuadro 5); estos fueron superiores a los encontrados (0.78%), por Olivares *et al.* (2012) <sup>[25]</sup>. Otro valor de MO (18.19%) para compostas de bovinos fue obtenido por Acebedo *et al.* (2020) <sup>[1]</sup>.

### Calidad microbiológica de las compostas

En la estimación de la densidad microbiana para determinar la presencia de coliformes, totales y fecales, por la técnica del número más probable (NMP), se utilizaron los valores de referencia de la Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014. Las muestras de los cuatro tratamientos compostas caprino + remoción diaria y composta caprino + remoción cada tercer día, los resultados de coliformes totales de 28 NMP/ g y coliformes fecales de 15 NMP/ g en ambos tratamientos y los tratamientos de composta bovino + remoción diaria y composta bovino + remoción cada tercer día, el promedio de los resultados de coliformes totales de 20 NMP/ g y coliformes fecales de 7.3 NMP/ g en ambos tratamientos, conforme a la norma NADF-020-AMBT-2011, los cuatro tratamientos si cumplen con los límites de tolerancia ya que los resultados presentan un valor inferior (Cuadro 6).

Posteriormente el aislamiento de las cepas y pruebas bioquímicas para identificación de *Salmonella sp.*, y

*Escherichia coli* de los cuatro tratamientos presentaron resultados negativos, Cuadro 6.

**Table 6:** Results of analysis of total and fecal coliforms, *Salmonella sp.* And *Escherichia coli* present in the four goat and cattle compost treatments.

| Análisis                | Tolerancia  | Composta caprino +<br>remoción diaria<br>NMP/g | Composta caprino +<br>remoción cada tercer<br>día | Composta bovino +<br>remoción diaria | Composta bovino +<br>remoción cada tercer<br>día |
|-------------------------|-------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Coliformes totales      | <1000 NMP/g | 28                                             | 28 NMP/g                                          | 20 NMP/g                             | 20 NMP/g                                         |
| Coliformes fecales      | <1000 NMP/g | 15 NMP/g                                       | 15 NMP/g                                          | 7.3 NMP/g                            | 7.3 NMP/g                                        |
| <i>Salmonella sp.</i>   | <3 NMP      | Ausente                                        | Ausente                                           | Ausente                              | Ausente                                          |
| <i>Escherichia coli</i> | <1000 NMP/g | Ausente                                        | Ausente                                           | Ausente                              | Ausente                                          |

Un estudio por Hernández *et al.* (2020) <sup>[15]</sup> realizado en lombricomposta con tratamientos de estiércol caprino y bovino tuvieron resultados negativos en coliformes fecales y en *Salmonella sp.*, en comparación a este estudio que presento resultados positivos en coliformes fecales. Guerrero y Monsalve, (2007) <sup>[14]</sup> en compostaje derivado del sacrificio y faenado del ganado presento coliformes fecales de 43 NMP/ g valor mayor a los obtenidos en los cuatro tratamientos de este estudio.

García *et al.*, (2019) <sup>[12]</sup> en la identificación de microorganismos patógenos en compostaje de bovino hubo presencia de coliformes totales de 220 NMP/ g y ausencia de *Salmonella sp.* Otro estudio de Colin *et al.* (2018) <sup>[7]</sup> en compost y vermicompost de estiércol caprino tampoco se observó presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.* Peralta *et al.* (2016) <sup>[28]</sup> en un estudio de un abono orgánico con excretas de ganado vacuno reporta en el análisis microbiológico la ausencia de coliformes totales y *Salmonella sp.*, las compostas deben cumplir con especificaciones microbiológicas permisibles por lo cual las compostas de los tratamientos de este estudio si cumplen de acuerdo con el nivel de tolerancia.

**Conclusiones:** Las temperaturas de las compostas de caprino y bovino fueron similares durante el periodo de compostaje; en la cuarta semana (fase termófila) se obtuvo la más alta temperatura; la cual estuvo en condiciones óptimas para eliminar organismos patógenos.

- De acuerdo a la humedad de las compostas, la actividad de los microorganismos fue óptima durante el proceso de compostaje
- Durante el compostaje, el pH de composta caprino, fue más alto, que el de bovino; pero, ambos iniciaron con un pH ácido y terminaron con uno alcalino.
- Los contenidos de N, P y Mg fueron mayores, en ambas compostas, cuando fueron removidas diariamente; contrariamente, K, Ca, Na y S incrementaron en compostas de remoción cada tercer día. La composta de estiércol caprino, presento mayor contenido de K, P, Ca, Mg, S y Na; mientras que la de bovino, de K.
- La relación C/N de las compostas fue mayor en bovino que en caprino.
- La remoción diaria de ambas compostas, caprino y bovino, se logró mayor relación C/N que en remoción cada tercer día
- La materia orgánica de compostas de caprino fue superior a la de bovino en remoción diaria; pero fue similar en remoción cada tres días.
- Las compostas estudiadas, no presentan riesgo para su uso en los cultivos, puesto que se encuentran en los límites permisibles de coliformes, totales y fecales, así

como también tuvieron resultados negativos para la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp.*

- Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están en disponibilidad del autor a solicitud razonable.

**Agradecimientos:** Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el apoyo económico otorgado para lograr la investigación.

## References

1. Acevedo-Alcalá P, Taboada-Gaytán OR, Cruz-Hernández J. Caracterización de fertilizantes orgánicos y estiércoles para uso como componentes de sustrato. *Acta Agronómica*. 2020;69(3):234-240.
2. Anual y mensual del tiempo - Jaleaca de Catalán, México (2002-2025). Clima y provisión meteorológica mensual, Jaleaca de Catalán, México [Internet]. Weather Atlas; consultado 9 septiembre 2025. Disponible en: <https://www.weather-atlas.com/es/mexico/jaleaca-de-catalan-clima>
3. Beltrán-Morales FA, Nieto-Garibay A, Murillo-Chollet JSA, Ruiz-Espinoza FH, Troyo-Díez E, Alcalá-Jauregui JA, *et al.* Contenido inorgánico de nitrógeno, fósforo y potasio de abonos de origen natural para su uso en agricultura orgánica. *Terra Latinoamericana*. 2019;37(4):371-378.
4. Brito LM, Coutinho J, Smith SR. Methods to improve the composting process of the solid fraction of dairy cattle slurry. *Bioresource Technology*. 2008;99(18):8995-8960.
5. Camacho A, Giles AM, Ortigón M, Palao B, Serrano O, Velázquez O. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. 2ª ed. México: Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México; 2009.
6. Campos-Rodríguez R, Brenes-Peralta L, Jiménez-Morales M. Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología en Marcha*. 2016;25-32.
7. Colin-Navarro V, Domínguez-Vara IA, Olivares-Pérez J, Castelán-Ortega OA, García-Martínez A, Avilés-Nova F. Propiedades químicas y microbiológicas del estiércol de caprino durante el compostaje y vermicompostaje. *Agrociencia*. 2018;53(2):161-173.
8. Da Costa-Ferreira DA, Da Silva-Dias N, Da Costa-Ferreira AK, Lima-Vasconcelos CB, De Sousa-Junior FS, Nascimento-Porto VC, *et al.* Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios, vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2018;12(2):464-474.

9. Delgado-Arroyo MM, Mendoza-López KL, González-María I, Tadeo-Lluch JL, Martín-Sánchez JV. Evaluación del proceso de compostaje de residuos avícolas empleando diferentes mezclas de sustrato. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2019;35(4):965-977.
10. Del Pino A, Repetto C, Mori C, Perdomo C. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*. 2007;26(1):43-52.
11. García F, Gil P, Carrillo A. Caracterización y calidad de un abono orgánico fermentado preparado con residuos del proceso de industrialización de la papa (*Solanum tuberosum* L). *Revista Logos Ciencia y Tecnología*. 2009;1(1):69-80.
12. García-Ramos C, Arozarena-Daza NJ, Martínez-Rodríguez F, Hernández-Guillén M, Pascual-Amaro JA, Santana-Gatp D. Obtención de compost mediante la biotransformación de residuos de mercados agropecuarios. *Cultivos Tropicales*. 2019;40(2).
13. González-Villagra J, Aravena-Ibáñez K, Curaqueo-Fuentes G, Inostroza-Blancheteau C, Tighe-Neira R. Comparison of composting dynamics of bovine manure, equine manure, and new shoots of *Ulex europaeus* L. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2021;10:2-17.
14. Guerrero EJ, Monsalve PJ. Evaluación del compostaje de subproductos derivados del sacrificio y faenado del ganado. *Scientia et Technica*. 2007;1(34):595-600.
15. Hernández-López M, Vidaña-Martínez SA, Velásquez-Chávez TE. Características químicas y microbiológicas de vermicomposta producida en el ITSL. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tecnológico Lerdo*. 2020;1(6):35-39.
16. Jara-Arguello MR, Salazar-Gaibor CF, García-Quintana Y, Arteaga-Crespo Y, Rodríguez-Guerra Y, Chafila-Molina AL. 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):252-263.
17. López-Clemente XA, Robles-Pérez C, Velasco-Velasco VA, Ruiz LJ, Enríquez-Del Valle JR, Rodríguez-Ortiz G. Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *Ciencia Ergo Sum*. 2015;22(2):145-152.
18. López-Fernández S, Serrato-Cuevas R, Castelán-Ortega OA, Avilés-Nova F. Comparación entre dos métodos de ventilación en la composición química de compost de estiércoles pecuarios. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2018;34(2):263-271.
19. Macías-Duarte R, Grijalva-Contreras RL, Robles-Contreras F, López-Carvajal A, Núñez-Ramírez F. Respuesta de la composta sobre la fertilidad, humedad del suelo, contenido nutricional en hojas y productividad en olivo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2020;11(8):1189-1890.
20. Méndez-Matías A, Robles C, Ruiz-Vega J, Castañeda-Hidalgo E. Compostaje de residuos agroindustriales inoculados con hongos lignocelulósicos y modificación de la relación C/N. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2018;9(2):271-280.
21. Modupe-Stella A, Oluwaseyi-Samuel O, Olubukola-Oluranti O, Olu O. Waste management through composting: challenges and potentials. *Sustainability*. 2020;12:1-23.
22. Norma Ambiental NADF-020-AMBT-2011. Requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de residuos orgánicos. *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. 30 noviembre 2012.
23. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Lodos y biosólidos: especificaciones y límites máximos permisibles. *Diario Oficial de la Federación*. 15 agosto 2003.
24. Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014. Productos y servicios. Método para la determinación de *Salmonella* en alimentos. *Diario Oficial de la Federación*. 26 junio 2015.
25. Olivares-Campos MA, Hernández-Rodríguez A, Vences-Contreras C, Jaquez-Balderrama JL, Ojeda-Barrios D. Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y Ciencia*. 2012;28(1):27-37.
26. Orozco-Aceves M, Calvo-Araya JA, Gamboa-Tabares JA, Peraza-Padilla W, Varela-Rodríguez O, Orozco-Rodríguez R. Efecto de los abonos orgánicos en las cadenas tróficas del suelo cultivado con mora. *Revista Agronomía Mesoamericana*. 2017;28(3):619-628.
27. Oviedo-Ocaña ER, Marmolejo-Rebellón LF, Torres-Lozada P. Influencia de la frecuencia de volteos para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2014;30(1):91-100.
28. Peralta-Verán L, Juscamaita-Morales J, Meza-Contreras V. Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a partir de excretas de ganado vacuno usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*. 2016;15(1):1-10.
29. Pérez A, Céspedes C, Núñez P. Caracterización físico-química y biológica de enmiendas orgánicas aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 2008;8(4):10-29.
30. Pérez-Ricardo CM, Pérez-Alexander C, Vertel-Melba M. Caracterización nutricional, físico-química y microbiológica de tres abonos orgánicos para uso en agroecosistemas de pasturas en Sucre, Colombia. *Revista Tumbaga*. 2010;5:27-37.
31. Pinos-Rodríguez JM, García-López JC, Peña-Avelino LY, Rendón-Huerta JA, González-González C, Tristán-Patiño F. Impacto y regulaciones ambientales del estiércol generado por sistemas ganaderos en América. *Agrociencia*. 2012;46(4):359-370.
32. Ramírez-Gerardo MA, Vázquez-Villegas S, Méndez-Gómez GI, Mejía-Carranza J. Caracterización de abonos orgánicos aplicados a cultivos florícolas en el sur del Estado de México. *Ciencia UAT*. 2021;16(1):150-161.
33. Román P, Martínez MM, Pantoja A. Manual del compostaje del agricultor. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2013.
34. Tortarolo MF, Pereda M, Palma M, Arrigo NM. Influencia de la inoculación de microorganismos sobre la temperatura en el proceso de compostaje. *Ciencia del Suelo*. 2008;26(1):41-50.
35. Velasco-Velasco J, Ferrera-Cerrato R, Almaraz-Suárez JJ, Parkinson R. Emisión de amoníaco durante los procesos de compostaje y vermicompostaje: aspectos prácticos y aplicados. *Agroproductividad*. 2016;9(8):45-51.
36. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Humus de lombriz. Estrategia de acompañamiento técnico. Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos [Internet]. Consultado 27 abril 2025. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737318/14\\_Humus\\_de\\_lombriz.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737318/14_Humus_de_lombriz.pdf)