

Influencia de microorganismos inoculados en la velocidad, eficiencia y calidad de transformación de estiércol bovino en Pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD) en el trópico Colombiano

Eliana Rodríguez Torres

Universidad de Caldas
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento Producción Agropecuaria, Grupo de
Investigación de Proyección y Producción Agropecuaria (GIPPA)
Manizales, Colombia
2023

Influencia de microorganismos inoculados en la velocidad, eficiencia y calidad de transformación de estiércol bovino en pastoreo de Ultra Alta Densidad (PUAD) en el trópico Colombiano

Eliana Rodríguez Torres

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniera Agrónoma

Director:
Ph.D. en suelos, Juan Carlos Montoya Salazar

Grupo de Investigación de Proyección y Producción Agropecuaria (GIPPA)
Física de suelos

Universidad de Caldas
Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento Producción Agropecuaria
Manizales, Colombia
2023

Agradecimientos

Agradecimientos a Pamela Ramírez (MVZ) y Juan Carlos Robledo (MVZ) propietarios de la Hacienda la Cascada por permitir la realización del trabajo en los predios, al docente Juan Carlos Montoya por la tutoría y a la Vicerrectoría Académica de la Universidad de Caldas por el apoyo con la financiación de los análisis de laboratorio.

Resumen

El área para producción de ganado de carne y leche ha incrementado en Colombia, generando cambios en usos de suelo agrícola a ganadero. Volúmenes altos de estiércol producido, son potencial fuente de contaminación del agua, suelo, emisiones de gases efecto invernadero y compactación. Alternativas como transformación y descomposición controlada de estiércoles por adición de microorganismos pueden ayudar. Se comparó la tasa de descomposición de estiércol vacuno por adición de mezcla comercial de microorganismos mineralizadores de materia orgánica y aporte de Carbono Orgánico (CO) al suelo. El estiércol se recolectó del sistema PUAD en la Hacienda la Cascada (Vereda Carrizales, Norcasia-Caldas, Colombia) en condiciones tropicales; 18 cuadros de madera de 0,5*0,5*0,05m ubicados en 3 lotes diferentes; 12-kg de estiércol fresco se depositaron por cuadro. La mezcla de organismos comerciales (5% v/v) se activó durante 48 horas y se inocularon 9 cuadrículas. Se recolectaron muestras quincenalmente por 6 meses. Humedad, CO, pH del estiércol y suelo, distribución del CO en fracción fina y gruesa y la tasa de mineralización del estiércol fueron determinados.

Del estiércol fresco, 2,2-3,0 kg fue materia seca; la tasa de mineralización indica que en 30 días se transformó 71,10% del estiércol no inoculado y 72,65% del inoculado; la tasa final de mineralización indicó 97,74% en estiércol no inoculado y 98,15% en el inoculado, sin presentar diferencias significativas. Se evidenció correlación entre mineralización del estiércol y acidificación del mismo, variando en 150 días desde pH de 7,48 hasta 5,50 para estiércol no inoculado y 5,72 para inoculado. Luego de 30 días, los contenidos de CO en estiércol pasaron de 23,45% a 17,68% en no inoculado y 12,65% en inoculado, en 150 días los valores de CO fueron 8,06% en no inoculado y 6,22% en el inoculado. La inoculación acelera procesos iniciales de mineralización, pero no se evidencian diferencias en el contenido final del CO transformado.

Palabras clave: Mineralización, Carbono orgánico (CO), Estiércol, Materia Orgánica del Suelo (MOS), Organismos mineralizadores.

Abstract

Area for meat and milk production cattle has increased in Colombia, generating changes in agricultural uses for livestock. The high volumes of manure produced are potential sources of water pollution, oil, greenhouse gas emissions and compaction. Alternatives such as transformation and decomposition controlled of manure by adding microorganisms can help. Compare decomposition rate of manure below vacuum by adding a commercial mix of mineralizing microorganisms to organic matter and the contribution of soil organic carbon (SOC). Manure was take from PUAD system at Hacienda La Cascada (Vereda Carrizales, Norcasia-Caldas, Colombia) under tropical conditions; 18 wooden frames dimensions 0,5*0,5*0,05m located on 3 different parcels; 12-kg of fresh manure were deposited per frame. Commercial organism mix (5% v/v) was activated for 48 hours and 9 cells were inoculated. The samples were collected every fifteen days by 6 months. Moisture, SOC, pH in the waste and soil, the distribution of SOC in fine and coarse fraction and the proportion of mineralization of the waste material are determined.

From fresh manure, 2.2-3.0 kg was dry matter; The mineralization rate indicates that in 30 days 71,10% of the manure was transformed into the inoculated and 72,65% into the inoculated; the final level of mineralization indicated 97,74% in manure in the inoculated and 98,15% in the inoculated, without significant differences. Correlation between mineralization of manure and acidification of the mixture was evidenced, varying in 150 days from pH 7,48 to 5,50 for inoculated manure. At 30 days the SOC content in the manure went from 23,45% to 17,68% in the inoculated and 12,65% in the inoculated, in 150 days the SOC values were 8,06% in the inoculated and 6,22% in the inoculate. Inoculation accelerates the initial mineralization processes, but there are no differences in the final content of the transformed SOC.

Keywords: Mineralization, Organic Carbon (OC), Manure, Soil Organic Matter (SOM), Mineralizing organisms.

Tabla de contenido

Agradecimientos	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
1. Introducción	8
2. Justificación	9
3. Planteamiento del Problema	11
4. Objetivos	13
4.1. Objetivo general	13
4.2. Objetivos específicos	13
5. Hipótesis	14
6. Marco Teórico	15
6.1. Ganadería PUAD y suelos	15
6.2. Materia Orgánica en el Suelo	16
6.3. Estiércoles y aportes al suelo.....	17
6.4. Microorganismos para degradación de materia orgánica y estiércoles	19
7. Aspectos Metodológicos.....	20
7.1. Ubicación	20
7.2. Mapa	20
7.3. Descripción metodológica.....	21
7.4. Variables a evaluar	22
7.5. Diseño experimental	23
8. Resultados y Discusión	24
9. Conclusiones	28
10. Referencias bibliográficas	30

Índice de gráficas

Gráfico 1: Cambios en el contenido de Carbono Orgánico en el proceso de mineralización del estiércol inoculado y no inoculado.....	24
Gráfico 2: Tasa de Mineralización del estiércol inoculado y no inoculado y su relación con el estiércol sin transformar durante 60 días después de inicio.....	25
Gráfico 3: Variación en el pH del estiércol inoculado y no inoculado durante el proceso de mineralización y transformación.....	26

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Mapa municipio de Norcasia. Fuente: Google Maps, Septiembre 2019. Obtenido de: <a @5.5686613,-74.8851744,3467m="" data="!3m1!1e3.....</a" hacienda+la+cascada="" href="https://www.google.com/maps/place/Norcasia,+Caldas/@5.5760675,-74.8930207,2062m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e412bcd2af22475:0xcf6b2027787ddc0!8m2!3d5.576269!4d-74.8.....</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Ilustración 2: Ubicación hacienda la Cascada. Fuente google maps, septiembre 2019. Obtenido de: 	21
Ilustración 3: Distribución cuadros de madera en el lote 3	21

Índice de tablas

Tabla 1: Determinación de variables físicas y químicas para evaluación de la calidad de transformación del estiércol bovino	22
--	----

1.Introducción

La práctica más antigua utilizada en la agricultura para reponer la fertilidad natural de los suelos es el uso de estiércol bovino como abono. A medida que este se descompone se transforma en una sustancia compuesta conocida como Humus, rica en flora microbiana y cuyas propiedades son de gran ventaja debido a que no solo aporta gran cantidad de nutrientes que aumentan la fertilidad del suelo (Pascual & Venegas., 2010), sino que también ayudan a mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas trayendo consigo mejor producción y minimización de costos. Otro aspecto positivo relacionado al agregado de estiércol es el aporte de Carbono (C) para la materia orgánica del suelo (MOS), así como su efecto promotor de la biomasa microbiana (Eghball, 2000; Flavel y Murphy, 2006). Si bien el uso del estiércol es indiscutiblemente beneficioso, existen grandes dificultades para predecir su efecto en cada situación debido a la gran variabilidad de materiales que abarca y las diferencias creadas por el manejo previo (Omaliko, 2007). Para poder obtener estos beneficios, el estiércol antes de ser reincorporado al suelo se debe someter a procesos de fermentación y transformación que requiere de varios meses para obtener el producto final (humus) que será el que otorgará los beneficios con respecto al material de partida. Las condiciones climáticas y el manejo son determinantes a la hora del compostaje (Rivera, Chará y Barahona, 2019). Por otra parte, el contenido de humedad y la temperatura son considerados factores que afectan la velocidad y tasa de mineralización del Carbono (C) del suelo (Davidson y Janssens, 2006; Cook y Orchard, 2008) y los principales promotores de la actividad microbiana del suelo en ecosistemas (Jassal et al., 2008; Liu et al., 2009). La no realización del compostaje genera algunos problemas como contaminación ambiental e incluso la quema del cultivo si se aplican cantidades excesivas y sin un estado de descomposición adecuado. La dosis óptima a aplicar depende de la composición química del estiércol, la disponibilidad de nutrientes del suelo, crecimiento del cultivo y condiciones ambientales (Mohamad et al., 2016).

2. Justificación

La descomposición del estiércol en los pastizales aporta nutrientes al suelo, lo que beneficia y aumenta la producción de pasto (Aarons et al., 2004). En cambio, el estiércol vacuno no degradado que queda sobre el pasto genera problemas a nivel ecológico y económico (Anderson et al., 1984; Lobo y Veiga, 1990). A nivel ecológico, su acumulación rompe el flujo de materia y energía dentro del ecosistema (Hirata et al., 1988). Desde el punto de vista económico esto trae como consecuencia mayores gastos para eliminar el estiércol de los pastizales, por la pérdida de pasto útil para el ganado, por compensar el flujo de nutrientes con abonos químicos y sobre todo, por controlar las plagas que se desarrollan dentro del estiércol (Omaliko, 1981; Corwin, 1997; Aarons et al., 2004) citado por (Cruz et al., 2012).

Cuando los animales pastan en pastizales, el estiércol se dispersa en una gran área y se necesita poco manejo porque el material no está concentrado y se descompone en el suelo. Sin embargo, cuando los animales se concentran en un área pequeña, la cantidad de estiércol que necesita manejo aumenta significativamente (Anderson et al., 1984).

En este caso el estiércol es recurso importante para la producción de cultivos y la sostenibilidad del suelo porque es fuente de macronutrientes (N, P y K), así como de nutrientes menores (Zn, Mg, S, Na, Cu) también proporciona excelente fuente de materia orgánica cuando se agrega a los suelos, restaurando algo de la agotada por las prácticas agrícolas actuales; es decir, podría traer beneficios a mediano y largo plazo sobre propiedades como infiltración, retención de humedad, agregación y disminución de la densidad aparente. El uso de estiércol como abono orgánico no solo es fuente económica de nutrientes que garantiza el buen desarrollo de los cultivos, sino que también es forma de reutilizar y sacar provecho de los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80%

de lo que consume el animal lo elimina como estiércol, y tiene como ventaja que dándole el debido manejo no estará tan contaminado como lo estaría si se emplearan abonos inorgánicos, los cuales están fabricados por medios industriales y pueden llegar a ser nocivos tanto para el hombre como para los animales (Eghball, 2000; Flavel y Murphy, 2006).

Entre los objetivos del plan de manejo de estiércol son controlar y utilizar estos nutrientes disponibles en la producción ganadera, reducir los costos y optimizar los beneficios para el productor reduciendo el uso de fertilizantes y generando impactos ambientales positivos.

La correcta degradación y calidad de este estiércol para ser empleado como abono, depende de factores como microfauna, temperatura, humedad ambiental y otros que varían según las condiciones climáticas y regionales, además de tiempo y un adecuado manejo (Dickinson et al., 1981; Anderson et al., 1984; Lumaret y Kadiri, 1995). El uso de abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradada por el efecto de la erosión, en este caso, sería de mucha ayuda pues el sobrepastoreo generalmente aumenta la erosión del suelo; pero por lo regular, su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo (Infoagro, 2019).

3. Planteamiento del Problema

De acuerdo a Sánchez-Rosales (2017), el estiércol producido por el ganado puede potencialmente ser fuente de contaminación del agua, aire y del suelo, ya que contiene exceso de nitratos, sales, microorganismos indeseables, patógenos y gases de efecto invernadero. Y que al no manejarse adecuadamente puede ocasionar la salinización de los suelos, lixiviación de nitratos y fosfatos a los acuíferos, acumulación de ligninas, aceites aromáticos y resinas en el suelo, propagan plagas, malezas, enfermedades y fitotoxicidad. Para reducir los riesgos ambientales, se ha considerado que estos desechos deben procesarse mediante técnicas de descomposición controlada.

Las heces y boñigas, es decir los excrementos de los animales, deben eliminarse para evitar riesgos. Las infestaciones, por ejemplo, de parásitos, pueden difundirse por medio de ellos. También algunas moscas se sirven de esos excrementos para depositar sus huevos (FAO, 1995). Eliminarlos contribuye a la disminución de focos de difusión de enfermedades tanto humanas como animales, debido a que allí también se desarrollan moscas que succionan la sangre del animal.

Por otra parte el estiércol es potencial de MOS que puede incorporarse al suelo, aportando a mejorar condiciones como aireación, estructura, porosidad, densidad aparente, actividad de organismos, mejora la capacidad de absorción de agua y conservación de humedad, favorece la retención de nutrientes y permite la fijación de carbono que es considerado el elemento que conforma la vida.

El PUAD (Pastoreo de Ultra Alta Densidad), se ha desarrollado como alternativa para estimular el consumo de pasto, ya que es una técnica donde se manejan altas cargas de vacas por hectárea en un corto periodo de tiempo, cuya característica se basa en cambios frecuentes de parcelas para así estimular, por competencia, a los animales a comer más. Este sistema concentra cantidades de estiércol en áreas pequeñas a diferencia de la ganadería extensiva en donde el estiércol es depositado de forma más puntual en el lote. Con el Pastoreo Ultra Alta Densidad (PUAD) se visualiza regeneración del suelo por acumulación de materia orgánica (MOS), aparición de especies gramíneas en letargo, y de especies arbóreas nativas minimizando los impactos ambientales negativos (Díaz

Maldonado, 2021). Considerando que el hecho de que el potrero quede lleno de estiércol sea una ventaja, con el debido manejo, se hablaría de una fertilización orgánica concentrada, en la cual se devuelve la vida al suelo, activando microorganismos y generando mejor ciclaje de nutrientes para que las praderas nuevas salgan con mayor vigorosidad.

Los resultados de este trabajo nos darán las bases para determinar: ¿Qué cantidad de MOS aporta el estiércol concentrado en un área pequeña? Y si ¿La aplicación de microorganismos descomponedores tendrá influencia directa sobre la velocidad de degradación del estiércol bovino en campo?

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Evaluar y cuantificar la influencia de microorganismos inoculados en la velocidad, eficiencia y calidad de transformación de estiércol bovino en sistemas de PUAD.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar el efecto de los microorganismos en la velocidad de degradación del estiércol.
- Estimar la tasa de mineralización y la distribución del CO del estiércol en el tiempo.
- Determinar la influencia de los microorganismos en la medición de parámetros químicos como pH a partir de la mineralización del estiércol.

5. Hipótesis

El tiempo, eficiencia y calidad de descomposición del estiércol o fermentación del mismo por adición de microorganismos será más rápido debido a que estos actúan sobre el producto de excreción degradando y transformándolo en nutrientes que pueden ser de nuevo utilizados por el suelo y los forrajes.

6. Marco Teórico

6.1. Ganadería PUAD y suelos

La tendencia actual a nivel mundial del uso de la tierra está enfocada en la conversión del entorno natural en pastos, en praderas de pastoreo, lo cual cambiará los datos de Fernández y Enríquez (2010), donde dicen que la ganadería es la actividad que más utiliza los recursos de la tierra a nivel mundial. Ocupa aproximadamente el 30% de la superficie terrestre libre de hielo. Aproximadamente el 80% de las tierras agrícolas están destinadas al pastoreo y producción de forrajes, lo que equivale a 3400 millones de hectáreas en el pastoreo y 500 millones en la producción de cultivos para alimentación del ganado. En contraste con lo dicho, las investigaciones actuales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi ponen de presente que la ganadería extensiva se ha expandido sobre tierras apropiadas para usos agrícolas y forestales, trayendo como consecuencia la evidente subutilización e ineficiencia en el uso de los recursos, lo cual repercute en los campos social, económico y ambiental (Ministerio de Ambiente, 2007), y según Beltrán y Piñeros (2013) su avanzada la ha llevado incluso a áreas protegidas y parques naturales.

El pastoreo de ultra alta densidad (PUAD) es un sistema de ganadería regenerativa en donde se obliga a los animales a pastorear a ras, con este manejo la calidad del alimento consumido disminuye, pero en cantidad aumenta por competencia (Faria, 2017), para lograr esta conducta se requiere de la implementación de cercas eléctricas en los potreros, donde grandes cantidades de animales consumen forraje durante un tiempo que es determinado por la capacidad de carga del potrero aumentando el número de animales por hectárea, creando un ambiente propicio para la regeneración del suelo mediante la remoción del mismo con la pezuña del rumiante, destruyendo la compactación creada en la capa más superficial del suelo, de acuerdo a lo planteado por (Jiménez, 2020) el vacuno descarga cantidades considerables de saliva, orina y heces con un promedio de 20kg/animal-día que propician condiciones adecuadas para mantener una biocenosis equilibrada.

En el suelo se encuentra diversidad de organismos los cuales intervienen, modifican e interactúan con ciclos esenciales que benefician la vida, una cantidad considerable de organismos presentes son invisibles al ojo humano. Una característica importante que poseen estos organismos son las funciones que cumplen, dentro de ellas la (FAO, 2015) destaca:

El mantenimiento de la estructura del suelo, la regulación de los procesos hidrológicos del suelo, el intercambio de gases y captura de carbono, la detoxificación del suelo, los ciclos de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica, la erradicación de plagas, parásitos y enfermedades, es fuente de alimento y medicinas, las relaciones simbióticas y asimbióticas con las plantas y sus raíces y por último el control del crecimiento de las plantas (mejora y supresión). (p.2).

Por lo tanto, la biota que habita los suelos son elementos clave para mantener el equilibrio de dicho terreno, favoreciendo el crecimiento de las plantas y por ende la alimentación de los vacunos (Diaz Maldonado, 2021).

6.2. Materia Orgánica en el Suelo

La materia orgánica mejora la estructura del suelo, reduce la erosión del mismo, tiene efecto regulador en la temperatura del suelo y ayuda a almacenar más humedad, mejorando significativamente de esta manera su fertilidad. Además la materia orgánica es alimento necesario para los organismos del suelo (FAO, 2002). La descomposición de la materia orgánica del suelo (MOS) consiste en un proceso de digestión enzimática por parte de los microorganismos y de ésta MO se desprenden los nutrimentos fácilmente asimilables por los cultivos (Martínez et al., 2008).

La MOS contribuye al crecimiento de las plantas a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Este último tiene función Nutricional en la que sirve como una fuente de N, P y S para el crecimiento de las plantas, una Biológica en la que afecta profundamente la actividad de la microflora y la microfauna, una función Física en la que promueve una buena estructura, con lo cual mejora las labores de labranza, aireación y la retención de humedad.

El término Humus es generalmente usado como sinónimo de MOS y se refiere a esos compuestos orgánicos, los cuales no aparecen bajo la forma de residuos frescos a parcialmente descompuestos. Ese material fresco a parcialmente descompuesto es a veces incluido con la definición de materia orgánica del suelo. En este caso el término Humus tiene un significado estricto y se refiere a las sustancias húmicas más los productos de

resíntesis de los microorganismos, los cuales se tornan estables y en una parte del suelo. Intermedio entre los dos grupos está el material orgánico presente en los microorganismos vivos (la Biomasa del suelo). El humus también juega rol indirecto en el suelo a través de sus efectos sobre la absorción de micronutrientes por las plantas y la performance de los herbicidas y otros productos químicos de uso agrícola. El humus usualmente incrementa habilidad del suelo en resistir la erosión, ya sea al permitirle retener más agua o a través del efecto de promover la granulación y así mantener grandes poros por los cuales el agua puede entrar y percolar en profundidad. En un suelo bien estructurado las partículas individuales no son fácilmente transportadas por el agua superficial en movimiento (Silva, 1998).

6.3. Estiércoles y aportes al suelo

El uso de estiércol como fertilizante es de las prácticas más antiguas utilizadas en la agricultura por el hombre. Su aplicación al suelo determina aumento de la fertilidad, como también la mejoría de las propiedades físicas. Los estiércoles y abonos verdes, liberan suficientes nutrimentos para mantener un cultivo, favorecen la estructuración, la estabilidad de los agregados y la dinámica de la biota (Pérez et al., 2000; Acevedo et al., 2001; Flores et al., 2004). Con la adición de estiércol se llega a aumentar el CO₂ en un 150% en dos años, este porcentaje de CO₂ fue mayor al reportado por Pérez et al. (2000) y Báez et al. (2002), para suelos endurecidos acondicionados con estiércol y diferentes cultivos. De acuerdo con esos autores, condiciones controladas de humedad y temperatura, así como el poco movimiento del sustrato, favorecen la acumulación de CO₂ (Velázquez-Rodríguez et al., 2008).

La adición de estiércol mejora las características químicas del suelo, como lo reporta García-Cruz et al (2008) y Ochoa et al (2008), quienes concluyeron que la aplicación directa de residuos sólidos orgánicos es una opción para la recuperación de suelos de baja fertilidad (Trejo-Escareño et al., 2013). El estiércol no debe provenir de animales enfermos o tratados con drogas convencionales por ejemplo: antibióticos que destruyen los microorganismos que obrarían como descomponedores (López, 2006; Rafael Avila, 2015). En este contexto se hace necesaria la caracterización de los diferentes materiales para predecir su aporte de nutrientes (Bitzer y Sims, 1988 y Griffin et al., 2005). Esta necesidad

de predecir su efecto se acentúa además debido a que pueden provocar contaminación ambiental al aplicar dosis excesivas, ya sea por pérdidas gaseosas de N (procesos de desnitrificación y volatilización de amoníaco) como por la posibilidad de pérdidas por lixiviación de NO_3^- (Sims, 1987); citado por (Rochette et al., 2000b).

Los estiércoles son residuos orgánicos que presentan valores altos de carbono total (Ct) y nitrógeno total (Nt), por lo que se consideran muy apropiados para el compostaje, en particular el de los rumiantes (Capistrán et al., 2001) citado por (Sánchez Hernández et al., 2005).

La importancia de utilizar este deshecho de la ganadería en la producción agrícola es para, reducir la utilización de productos químicos y así abatir costos de producción e índices de contaminación. En base a lo anterior se aumenta también la calidad del suelo, y este es indispensable para la nutrición vegetal, por lo que se deben de conocer sus características físicas, su contenido de nutrientes, su conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico, ya que estos factores están relacionados con la capacidad del suelo para proveer a las plantas las condiciones necesarias para obtener los nutrientes que requieren para crecer y producir (Martínez et al., 2008).

El empleo de estiércol como enmienda orgánica no es posible sin que antes haya un proceso de estabilización ya que estos residuos, cuando se encuentran frescos, inician un proceso de descomposición que incluye una fermentación aeróbica que hace que se incremente la temperatura, por lo que puede afectar a plantas u organismos del suelo (Armida, 1999; Sánchez Hernández et al., 2005). La degradación del estiércol depende de factores bióticos como la fauna coprófaga, y de los abióticos como la temperatura ambiental, lluvia y la humedad del suelo (Dickinson et al., 1981; Anderson et al., 1984; Lumaret y Kadiri, 1995). Entre los factores bióticos, participan principalmente los insectos como los escarabajos estercoleros, hormigas, termitas y moscas, pero también otros animales como gusanos y lombrices (Gittings et al., 1994; Anduaga y Huerta, 2007; Yamada et al., 2007; Freymann et al., 2008; O'hea et al., 2010) citado por (Cruz R et al., 2012).

6.4. Microorganismos para degradación de materia orgánica y estiércoles

La transformación que sufren los restos vegetales y animales en el suelo se realiza bajo la acción de distintos grupos de microorganismos así como de diversos representantes de la microfauna edáfica (ácaros, insectos, lombrices, etc.). Estas desintegraciones mecánicas, oxidaciones e hidrólisis, pueden ocurrir bajo acción directa de las precipitaciones atmosféricas, de la reacción ácida o básica del suelo, del viento y de los cambios de temperatura (Silva, 1998). En el caso del ciclo del carbono, son responsables de la descomposición de residuos orgánicos y de la degradación de compuestos orgánicos contaminantes presentes en el suelo, siendo muy frecuente la utilización de biofertilizantes como enmiendas orgánicas para su activación o repoblación (Ros et al., 2010) citado por (Orozco Corral et al., 2016).

El suelo es un medio muy complejo, donde se dan innumerables interacciones que afectan las poblaciones de los organismos que la habitan. Asimismo, los factores medioambientales pueden afectar directa o indirectamente las poblaciones microbianas. Así tenemos que el contenido de humedad del suelo influye en la actividad de la población microbiana de diferentes maneras, ya que a medida que se va secando el agua, las películas se hacen más finas y afectan la disponibilidad del agua y las relaciones osmóticas de las células. Las bacterias (aunque muchas midan menos de 1 μm de diámetro) parecen tener fácil motilidad en películas sensiblemente más gruesas a 1 μm , independientemente de que puedan desarrollarse con una humedad más baja. En cambio, los hongos filamentosos y en menor proporción los actinomicetos, difieren de las bacterias en que sus hifas no necesitan crecer en una película continua de agua sino que pueden atravesar espacios abiertos al aire y pueden realizar sus funciones en condiciones más secas que las bacterias (Wild, 1992).

El pH puede tener importancia en la retención de las bacterias en el suelo, según lo observado experimentalmente por Bitton et al. (1974). La mayor parte de bacterias y actinomicetos se desarrollan mejor a pH neutro y ligeramente alcalino; en cambio, los hongos se desarrollan a un pH más amplio (Fassbender, 1982). La relación bacterias/hifas, (Lussenhop et al., 1980) favorece el desarrollo de bacterias amoniacales que aceleran el reciclaje de la materia fecal y de esta forma la circulación del nitrógeno (Breymer et al., 1975; Loiseau et al., 1984). Los desplazamientos activos de la mesofauna edáfica hacia la

fuentes de atracción (Bertrand & Lumaret, 1984; Lumaret et al., 1987) contribuyen a acelerar los procesos de mineralización de los excrementos (Lumaret, 2005). La causa de este patrón de descomposición radica en el agotamiento de las fuentes de C solubles disponibles para los microorganismos (Ghani et al., 2005; Pino et al., 2008). También existe la posibilidad que la MOS por su carga negativa, adsorba y retenga a estos microorganismos de manera significativa (Goyal y Gerba, 1979). Dighton et al. (1997) señalan que los factores abióticos del suelo pueden tener un papel importante en la dispersión de los microorganismos del suelo (Julca-Otiniano et al., 2006).

7. Aspectos Metodológicos

7.1. Ubicación

Las muestras de estiércol vacuno se recolectaron en zonas de lotes ganaderos de la Hacienda La Cascada, Vereda Carrizales (3km del puente sobre el Río La Miel), vía La Dorada – Norcasia (Caldas, Colombia), a una altitud de 454 m.s.n.m.

7.2. Mapa

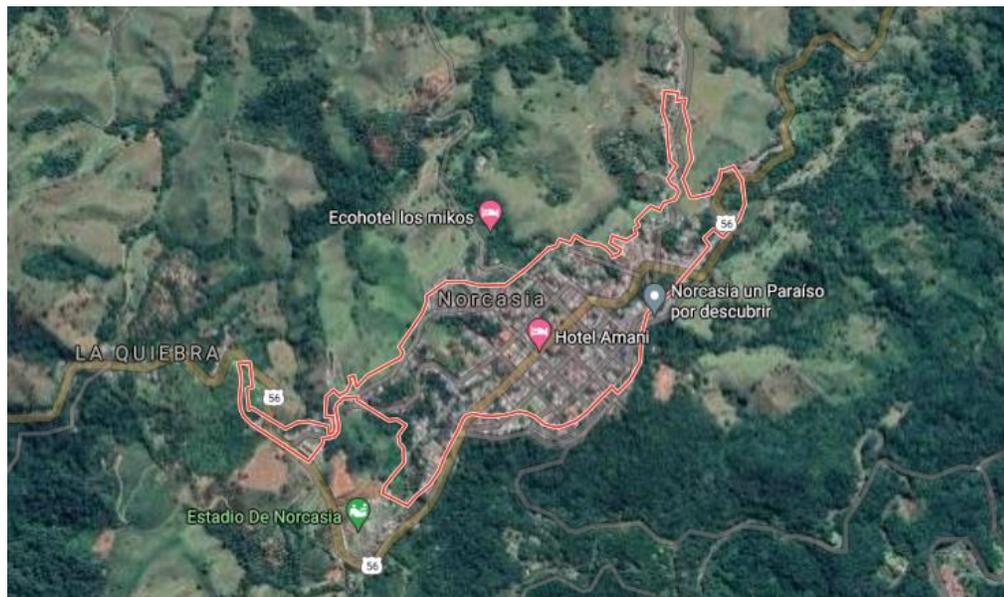


Ilustración 1: Mapa municipio de Norcasia. Fuente: Google Maps, Septiembre 2019. Obtenido de: <https://www.google.com/maps/place/Norcasia,+Caldas/@5.5760675,-74.8930207,2062m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x8e412bcd2af22475:0xc6b2027787ddcc0!8m2!3d5.576269!4d-74.8>

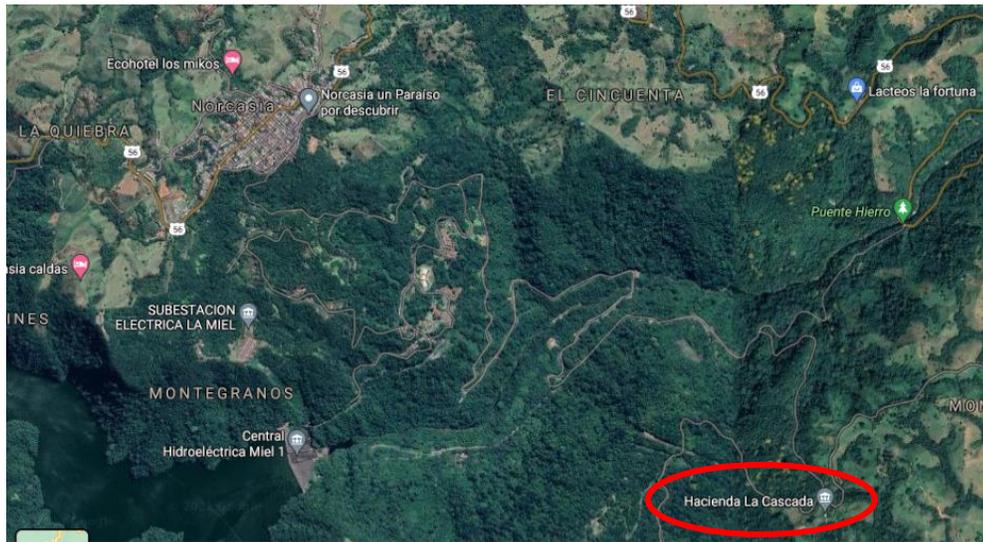


Ilustración 2: Ubicación hacienda la Cascada. Fuente google maps, septiembre 2019. Obtenido de: <https://www.google.com/maps/place/Hacienda+La+Cascada/@5.5686613,-74.8851744,3467m/data=!3m1!1e3>

7.3. Descripción metodológica

Se utilizaron 18 cuadros de madera de 0,5*0,5*0,05m distribuidos en 3 diferentes lotes; 12-kg de estiércol fresco se depositaron por cuadro, esto con el propósito de simular cierta altura y de que el estiércol no se disperse en el suelo.



Ilustración 3: Distribución cuadros de madera en el lote 3

El estiércol se asperjó de manera intercalada con aproximadamente 4 litros del producto que contiene los microorganismos descomponedores, dejando pilas intermedias sin asperjar las cuales serán el tratamiento testigo (se inocularon 9 cuadros).

Durante 6 meses a las pilas sin inocular e inoculadas se les realizaron volteos y muestreos de manera semanal para evaluar las variables seleccionadas. En cada semana se recolectaron 3 muestras por cuadro, que se analizaron de manera individual. Se determinó humedad, COS (Walkley-Black) y pH (Agua 2:1) en los estiércoles inoculados, no inoculados y en el suelo superficial en contacto con los estiércoles (0-10 cm). Adicionalmente se estimó la tasa de mineralización y la distribución del COS en la fracción fina, media y gruesa de los estiércoles.

7.4. Variables a evaluar

Tipo	Variable	Método	Descripción
Física	Humedad	Método gravimétrico de estufa	Peso inicial de la muestra húmeda, posteriormente se lleva a la estufa a temperatura de 60°C. Una vez esté seca se toma el peso nuevamente.
Química	pH	pH-metro	5 gramos de la muestra previamente seca y tamizada, se adiciona 20 ml de agua destilada. Se agita durante 5 min, descansa 1 min y se agita nuevamente 5 min. Posteriormente se toma la lectura del pH-metro.
	Fracción gruesa, media y fina de MOS	Tamizaje	2 gramos de la muestra previamente seca se pasa por un juego de tamices de 2 µm y 250 µm. Lo que queda retenido en el tamiz de 2 µm es la llamada fracción gruesa, lo retenido en el de 250 µm es la fracción media y lo retenido en el fondo o en el plato es la fracción fina. Posteriormente se calcula su peso.
	Carbono oxidable en suelo total	WALKLEY & BLACK	0,04 gr de la muestra previamente seca y tamizada se llevan a un Erlenmeyer donde se le adicionan 5 ml de Dicromato de potasio, se lleva a la campana de extracción donde se le adiciona 10 ml de Ácido sulfúrico, se deja enfriar durante 30 min. Paralelamente se prepara un blanco en iguales condiciones pero sin la muestra de estiércol. Una vez enfriado, se agregan 100 ml de agua destilada, más 3 o 4 gotas de Ferroína (color rojo al titular) y se titula con Sulfato ferroso 0,5 N agitando constantemente.
Carbono en Fracción gruesa, media y fina			

Tabla 1: Determinación de variables físicas y químicas para evaluación de la calidad de transformación del estiércol bovino.

7.5. Diseño experimental

Se comparó un testigo de estiércol en descomposición (T-I) frente a estiércol enriquecido con mezcla de microorganismos descomponedores (T-II), que se aplicaron por aspersión manual. La activación de los microorganismos se realizó por 48 horas, para lo cual 1 litro del producto se mezcló en 20 litros de agua, y posteriormente se llevo a cabo la aplicación del mismo, empleando 4 litros de la mezcla (5% v/v).

El estudio se realizó bajo un diseño experimental en bloques completos al azar, ya que se agruparon los estiércoles por pilas. Donde se tienen como factores: 3 tratamientos x 3 repeticiones x 3 muestreos. Cada variable y cada muestreo se analizaron por triplicado. El error a evaluar fue del 5%. Con análisis de Diferencia Media Significativa (DMS) y Prueba de comparación de medias y correlación simple.

8. Resultados y Discusión

De 12 Kg de estiércol fresco que se agregaron por cada cuadro, la materia seca del estiércol varió entre 2,2-3,0 Kg, indicando que el estiércol fresco presentó humedades entre 75 y 80% (Base seca) y humedades entre 250% y 530% (Base húmeda). Valores que coinciden con la humedad reportada por Monroy Romero (2011) de 78% que a su vez está en el rango reportado por otros autores (Gichangi et al., 2010; Rufino et al., 2007).

De acuerdo con Buckman et al. (1997) la humedad puede variar si el estiércol está fresco o un poco fermentado entre 50 y 80% según sus condiciones (Parra Oviedo, 2008).

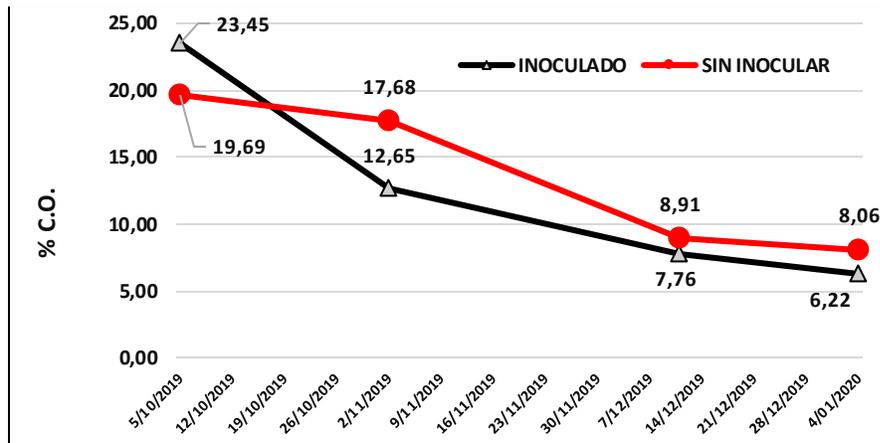


Gráfico 1: Cambios en el contenido de Carbono Orgánico en el proceso de mineralización del estiércol inoculado y no inoculado.

Tal como se observa en la tendencia en el gráfico 1, posterior a los 30 días de iniciado el proceso de descomposición de los estiércoles, los contenidos de CO en el estiércol pasaron de 23,45% a 17,68% en el estiércol no inoculado y se redujo su contenido desde 19,69% hasta 12,65% en el inoculado; 150 días después de iniciado el proceso, los contenidos de CO disminuyeron hasta 8,06% en estiércol no inoculado y 6,22% en el inoculado, estos valores concuerdan con los reportados por Villalobos et al., (2021) en donde el carbono orgánico se redujo desde el inicio hasta en un 11.0%.

Durante el compostaje la MOS tiende a descender debido a su mineralización y a la consiguiente pérdida de carbono en forma de anhídrido carbónico; estas pérdidas pueden

llegar a representar casi el 20% en peso de la masa compostada (Zucconi y De Bertoldi, 1987) citado por (Márquez et al., 2008).

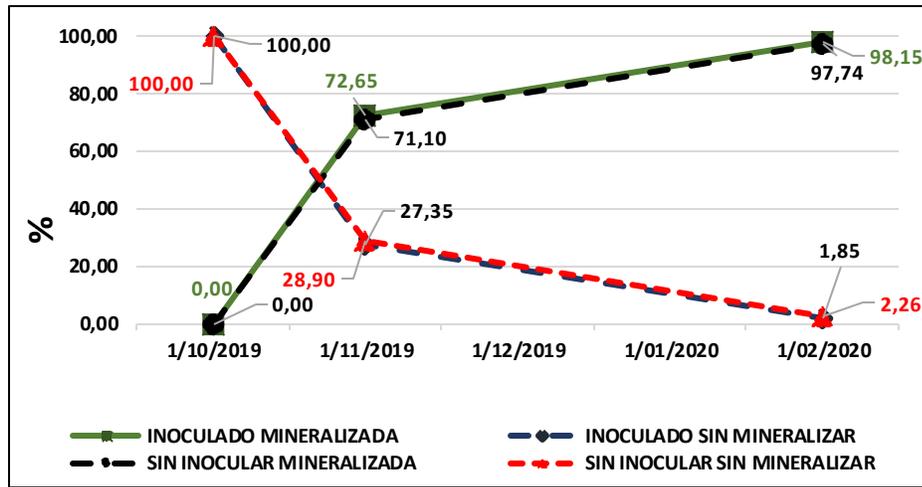


Gráfico 2: Tasa de Mineralización del estiércol inoculado y no inoculado y su relación con el estiércol sin transformar durante 60 días después de inicio.

La tasa de mineralización indica que en un periodo de 30 días se transformó 71,10% del estiércol no inoculado y 72,65% del inoculado; la tasa final de mineralización de 97,74% en estiércol no inoculado y 98,15% en el inoculado, no indicó diferencias significativas (Gráfico 2), pero los altos valores de mineralización acumulados indican que durante un periodo de 6 meses la tasa de acumulación de COS es mínima, impidiendo incrementos significativos del COS, lo que contrasta con las tasas de acumulación reportadas por Velázquez-Rodríguez et al., (2008). Esta velocidad de transformación de la MOS depende de su naturaleza física y química, de los microorganismos que intervienen y de las condiciones físico-químicas del proceso (humedad, aireación, temperatura y pH) (Michel et al., 2004) citado por (Márquez et al., 2008).

De acuerdo a Tisdale et al., (1999) y Uratani et al., (2004) los primeros años de aplicación de estiércol la mineralización no ocurre con tanta eficiencia ya que la relación C:N del estiércol fluctúa alrededor de 30 a 38 y su impacto en disponibilidad de N depende además de esta relación del tipo de suelo y manejo del mismo (tipo de riego, labranza etc.).

Los abonos de origen animal sólo se mineralizan en menos de 70%, el primer año, según Probert et al., (2005), 62% es mineralizado bajo condiciones de laboratorio (Uri et al., 2003) por otra parte Castellanos (1982), menciona que 50% del estiércol es mineralizado en el

primer año (Trejo-Escareño et al., 2013). Por otro lado, Herrick y Lal (1996) mencionan que en zonas tropicales el proceso de degradación es rápido pero con variaciones según la época del año. Por ejemplo, en Costa Rica en la temporada de lluvias, a las siete semanas se degrada el 70%, mientras que en la temporada seca sólo se ha degradado el 30% durante el mismo tiempo (Cruz R. et al., 2012).

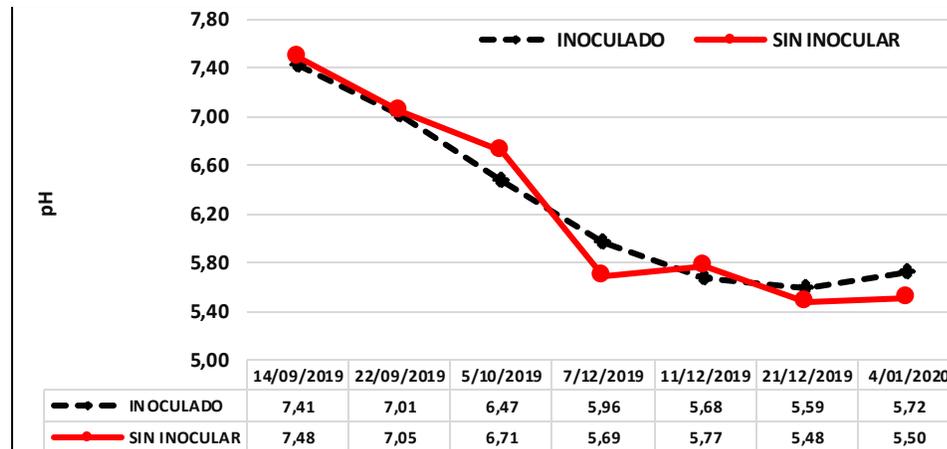


Gráfico 3: Variación en el pH del estiércol inoculado y no inoculado durante el proceso de mineralización y transformación.

Se evidenció correlación directa entre la mineralización del estiércol y la acidificación del mismo, viéndose variación en un periodo de 150 días de valores iniciales de pH desde 7,48 hasta 5,50 para estiércol no inoculado y valores de 5,72 para estiércol inoculado como se observa en el gráfico 3.

El pH tiene influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. En muchos trabajos se usa esta variable para estudiar la evolución del compostaje. Sin embargo, su medida, que se realiza en el laboratorio sobre el extracto acuoso de las muestras tomadas en las pilas, es sólo una aproximación del pH “in situ” (Sundberg et al., 2004).

Según algunos autores la evolución del pH en el compostaje presenta tres fases. Durante la fase mesófila inicial se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos sobre la materia orgánica más lábil, produciéndose una liberación de ácidos orgánicos. Eventualmente, esta bajada inicial del pH puede ser muy pronunciada si existen condiciones anaeróbicas, pues se formarán aún más cantidad de ácidos orgánicos.

En una segunda fase se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas (Sánchez-Monedero et al., 2001). En la tercera fase el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos que tienen propiedades tampón. Suler et al., (1977) establecieron una relación entre los cambios de pH y la aireación de la mezcla, concluyendo que un compostaje con la aireación adecuada conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8; valores más bajos del pH son indicativos de fenómenos anaeróbicos y de que el material aún no está maduro. Posteriormente estos mismos autores estudiaron las relaciones pH-aireación-microorganismos existentes en el proceso, y dedujeron que la degradación orgánica se inhibe a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por encima de 7,5 durante el proceso es síntoma de una buena descomposición, lo que contrasta con los resultados obtenidos.

9. Conclusiones

La inoculación de microorganismos acelera la velocidad de degradación del estiércol en un 98% debido a que intervienen en las etapas de mesófila, termófila, enfriamiento y maduración del proceso de compostaje, esto se debe a que los microorganismos influyen en los parámetros físicos (temperatura - humedad), y parámetros químicos (macronutrientes - micronutrientes), acelerando el proceso de degradación de estiércol de vacuno y aumentando los valores nutricionales (Picon Campos, 2021). En este proceso los microorganismos utilizan nutrientes presentes en los materiales orgánicos (descomposición) o en el suelo (inmovilización) y liberan otros. A medida que los materiales frescos se van transformando se alcanzan condiciones de equilibrio y estabilidad que implica que algunos nutrientes liberados por los microorganismos deben ser compensados por la incorporación de cantidades iguales al humus en formación (García, 2008). El número y la actividad de los microorganismos están controlados parcialmente por la cantidad de energía que pueda liberarse en la descomposición de la materia orgánica (Julca-Otiniano et al., 2006).

Aunque la inoculación con microorganismos acelera los procesos iniciales de mineralización, no se evidenciaron diferencias o cambios significativos en el contenido final del CO transformado. Esto podría indicar que las tasas iniciales de mineralización del estiércol son debidas a la acción inicial de los organismos que toman su energía descomponiendo los materiales de rápida degradación en el estiércol como ha sido reportado por Ros et al., (2010) y Ghani et al., (2005).

Se presentan cambios importantes en el grado de acidez de los materiales a través del tiempo, que a su vez pueden generar cambios en el comportamiento de algunas propiedades del suelo, indicando también, que el material posiblemente aún no está maduro pues de acuerdo a la literatura, para ello se requiere pH entre 7 y 8, lo cual se afirma en la investigación de Montero (2019), en donde el valor de pH de los tratamientos y el control registrado durante las tres semanas que duró el proceso de compostaje se presentaron valores iniciales entre (4,5 - 4,8); con el tiempo, el pH se mantuvo dentro de un rango (6,3 - 7,1); donde se concluyó que durante el compostaje hubo un buen desarrollo microbiano. Anteriores estudios concluyen que en suelo el pH determina el metabolismo y la supervivencia de los microorganismos, donde la mayoría logran crecer en pH de 4 a 9

(Sainz et al., 2011). Por otra parte, se ha reportado que las poblaciones fúngicas del suelo presentan mayor tolerancia a la acidez y son afectadas en menor medida por las variaciones del pH en relación con las bacterianas (Thorn y Lynch 2007; Strickland y Rousk 2010) citado por (Paco Pérez et al., 2022).

10. Referencias bibliográficas

- Aarons, S.R., O'Connor, C.R. and Gourley, C.J.P. (2004). *Dung decomposition in temperate dairy pastures I. Changes in soil chemical properties*. Australian Journal of Soil Research 42(1): 107-14.
- Acevedo, S.O.A., A.S. Velázquez R., y D. Flores R. (2001). *Agregación por especies vegetales y abonos orgánicos en tepetates fracturados bajo condiciones de invernadero*. TERRA Latinoamericana 19(4): 363-373.
- Anderson, J.R., Merrit, R.W. y Loomis, E.C. (1984). *The insect-free cattle dropping and its relationship to increased dung fouling of rangeland pastures*. Revista entomológica económica, 77(1): 133-141.
- Anduaga, S.; Huerta, C. (2007). *Importance of dung incorporation activity by three species of coprophagous beetle (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) macrofauna in pastureland on "La Michilia" Biosphere Reserve in durango, Mexico*. Environmental Entomology 36(3): 555-559.
- Armida, A. (1999). *La biomasa microbiana en la fertilidad de un suelo cañero con diferentes dosis de cachaza en la Chontalpa, Tabasco*. Villahermosa, Tabasco, México: Tesis. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Báez, P.A., J.D. Etchevers B., C. Hidalgo M., C. Prat, V. Ordaz Ch., y E. Nuñez. (2002). *C orgánico y P Olsen en tepetates cultivados en México*. Agrociencia. 36(6): 643-653.
- Beltrán, F.J. & Piñeros, M.A. (2013). *Sector agropecuario colombiano: su realidad económica y perspectiva*.
- Bertrand, M. & J.P. Lumaret. (1984). *Réactions des populations de microarthropodes à l'enfouissement des fèces de mouton par les insectes Scarabaeidae en milieux à fortes contraintes*. Pedobiologia. 27: 51-66.
- Bitton, G., Lahav, N. y Henis, Y. (1974). *Movement and retention of Klebsiella aerogenes in soil columns*. Plant and Soil 40, 373-380.
- Bitzer, C.C y Sims, J.T. (1988). *Estimación de la disponibilidad de nitrógeno en el estiércol avícola a través de estudios de laboratorio y de campo*. J. Environ. Qual. 17: 47-54.
- Breymeyer, A., H. Jakubczyk & E. Olechowicz. . (1975). *Influence of coprophagous arthropods on microorganisms in sheep faeces. Laboratory investigation*. Bull. Acad. pol. Sci. CL. II, Sér. Sci. biol. 23: 257-262.

- Buckman et al. (1997). *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Barcelona: Ed Montaner y Simón.
- Capistrán F, Aranda E, Romero JC. . (2001). *Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje*. Xalapa, Veracruz, México: Instituto de Ecología, A.C.
- Castellanos, J. Z. (1982). *La importancia de las condiciones físicas del suelo y su mejoramiento mediante la aplicación de estiércoles*. Seminarios Técnicos Vol. 7.
- Cook, F.J., Orchard, V.A. (2008). *Relationships between soil respiration and soil moisture*. . Soil Biology and Biochemistry 40: 1013-1018.
- Corwin, R. M. (1997). *Economics of gastrointestinal parasitism of cattle*. Veterinary Parasitology. 72: 451-460.
- Cruz R, Magdalena, Martínez M, Imelda, López-Collado, Jose, Vargas-Mendoza, Monica, Gonzalez-Hernandez, Hector & Platas-Rosado, Diego E. . (2012). *Degradación del estiércol vacuno por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de Veracruz, México*. Revista Colombiana de Entomología. 38(1): 148-155.
- Cruz R, Magdalena, Martínez M, Imelda, López-Collado, José, Vargas-Mendoza, Mónica, González-Hernández, Héctor, & Platas-Rosado, Diego E. (2012). *Degradación del estiércol vacío por escarabajos estercoleros en un pastizal tropical de Veracruz, México*. Revista Colombiana de Entomología, 38(1), 148-155.
- Davidson, E.A., Janssens, I.A. (2006). *Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change*. Nature 440: 165-173.
- Diaz Maldonado, J. D. (2021). *Implementación y seguimiento de un modelo regenerativo bajo el sistema de pastoreo de ultra alta densidad PUAD en ganadería bovina doble propósito*.
- Dickinson, C.H.; Underhay, V.S.H.; Ross, V. (1981). *Effect of season, soil fauna and water content on the decomposition of cattle dung pats*. The New Phytologist 88(1): 129-141.
- Dighton, J., Jones, H., Robinson, C. y Beckett . (1997). *The role of abiotic factors, cultivation practices and soil fauna in the dispersal of genetically modified microorganism in soils*. . Applied Soil Ecology 5: 109-131.
- Eghball, B. J. (2000). *Nitrogen mineralization from field applied beef cattle feedlot manure or compost*. Soil Science Society America Journal 64(6), 2024-2030.
- FAO. (1995). *Manual para el personal auxiliar de sanidad animal primaria*. OMS.
- FAO. (2002). *Los fertilizantes y su uso*.
- FAO. (2015). *Suelos y biodiversidad* .
- Faria, J. (2017). *Ganadería regenerativa eficiente*. Independently Published.
- Fassbender, H. (1982). *Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. 3ra reimpresión*. IICA. San José, Costa Rica.

- Fernández, E. & Enriquez, M. . (2010). *Metodología para la evaluación y mejora de los sistemas ganaderos: análisis comparado y posibilidades de aplicación en el sector de los pequeños rumiantes de Andalucía.*
- Flavel, T. C. y Murphy D. V. (2006). *Carbon and nitrogen mineralization rates after application of organic amendments to soil.* J. Environ. Qual. 35: 183-193.
- Flores, S.D., M.A. Pérez O., y H. Navarro G. . (2004). *Rehabilitación agroecológica de suelos volcánicos endurecidos, experiencias en el Valle de México.* . LEISA. Rev. Agroecol. (19): 24-27.
- Freyman, B. P.; Buitenwerf, R.; Desouza, O.; Olf, H. . (2008). *The importance of termites (Isoptera) for the recycling of herbivore dung in tropical ecosystems: a review.* European Journal of Entomology. 105: 165-173.
- García, A. (2008). *La materia orgánica (MOS) y su papel en lucha contra la degradación del suelo. In Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.* . Quito, Ecuador, Memorias (Vol. 18).
- García-Cruz, A.; Flores-Román, D.; García-Calderón, R. E. y Ferrera-Cerrato, R. (2008). *Efecto de enmiendas orgánicas, higuera y micorriza sobre las características de un tepetate.* . Terra Latinoamericana. 26:309-315.
- Ghani, A., Dexter, M. Sarathchandra, U., and Waller, J. (2005). *Effects of dairy factory effluent application on nutrient transformation in soil.* . N.Z.J. Agric. Res. 48: 241-253.
- Gichangi, M.E., P.N.S. Mkeni and P.C. Brookes. . (2010). *Goat manure application improves fertilizer effectiveness through enhance biological cycling of phosphorus.* Soil Science and Plant Nutrition 56: 853-860.
- Gittings, T.; Giller, P.S.; Stakelum, G. (1994). *Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity.* Pedobiologia 38: 455-474.
- Goyal, S.M y Gerba C.P. (1979). *Comparative adsorption of human enteroviruses, simian rotovirus and selected bacteriophages to soils.* Applied Environment Microbiology 38, 241-247.
- Griffin, T.S; He, Z. y Honeycutt C.W. (2005). *La composición del estiércol afecta la transformación neta de nitrógeno de los estiércoles lácteos.* Plant Soil. 273: 29-38.
- Helgason, B.L; Larney, F.J y Janzen H.H. (2005). *Estimación de la retención de carbono en suelos modificados con estiércol de ganado vacuno compostado.* Can. J. Soil Sci. 85: 39-46.
- Herrick, J. E. & Lal, R. (1996). *Dung decomposition and pedoturbation in a seasonally dry tropical pasture.* Biology and Fertility of Soils 23: 177-181.
- Hirata, M., Sugimoto, Y., & Ueno, M. . (1988). *Effects of cattle dung deposition on energy and matter flows in bahiagrass (Paspalum notatum Flugge) Pasture: I.*

- Changes in sward height and consumed herbage as related to rate of dung disappearance.* Japanese Journal of grassland Science, 33(4): 371-386.
- Infoagro. (2019). *Efecto de los abonos orgánicos en la agricultura ecológica.* . Revista InfoAgro México.
<https://mexico.infoagro.com/efecto-de-los-abonos-organicos-en-la-agricultura-ecologica/>.
- Jassal, R.S., Black, T.A., Novak, M.D., Nestic, Z. . (2008). *Effect of soil water stress on soil respiration and its temperature sensitivity in an 18-years-old temperate Douglas-fir stand.* Global Change Biology 14: 1305-1318.
- Jiménez, R. (2020). *Ganadería regenerativa.* ABC de la Ganadería Regenerativa .
- Julca-Otiniano, Alberto, Meneses-Florián, Liliana, Blas-Sevillano, Raúl, & Bello-Amez, Segundo. (2006). *La Materia Orgánica, importancia y experiencia de su uso en la Agricultura.* Idesia (Arica), 24(1), 49-61.
- Liu, W., Zhang, Z., Wan, S. (2009). *Predominant role of water in regulating soil and microbial respiration and their responses to climate change in a semiarid grassland.* Global Change Biology 15: 184-195.
- Lobo, J.M. y Veiga, C.M. (1990). *Interés ecológico y económico de la fauna coprófaga en los pastos de uso ganadero.* Madrid: Ecología (4): 313-331.
- Loiseau, P., A. Jauneau, G. Ricou. (1984). *Influence de la conduite du pâturage sur l'activité biologique des pelouses montagnardes.* . Acta Oecologica, Oecol. Applic., 5(1): 23-41.
- López, O. (2006). *Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico.* UPTC. Tunja, Boyacá, Colombia .
- Lumaret, J. P. (2005). *El impacto de productos veterinarios sobre insectos coprófagos: consecuencias sobre la degradación del estiércol en pastizales.* Acta zoológica mexicana. 21(3): 54-58.
- Lumaret, J.P and Kadiri, N. . (1995). *The influence of the first wave of colonizing insects on cattle dung dispersal.* Pedobiologia. 39: 406-517.
- Lumaret, J.P. & A. Kirk. (1987). *Ecology of dung beetles in the french mediterranean region (Coleoptera: Scarabaeinae).* . Acta Zool. Mex. 24: 1-55.
- Lussenhop, J., R. Kumar, D.T. Wicklow & J.E. Elloyd. . (1980). *Insects effects on bacteria and fungi in cattle dung.* Oikos. 34: 54-58.
- Márquez, P. B., Jesús, M., Blanco, D., & Capitán, F. C. (2008). *Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje.* Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva.
- Martínez, H. E; Fuentes, E. J. P. y Acevedo, H. E. . (2008). *Carbono orgánico y propiedades del suelo.* J. Soil Sc. Plant Nutr. 8(1): 68-96.
- Michel, F.C., Pecchia, J.A., Rigot, J. . (2004). *Mass and nutrient losses during the composting of dairy manure amended with sawdust or*

- straw. . *Compost Sci. Util.*, 12 (4): 323-334.
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2007). *Panorama sobre el uso y ocupación actual de las tierras en Colombia.*
- Mohamad, Ramez Saeid et al. (2016). *Effect of different Agricultural practices on carbon emission and carbon stock in organic and conventional olive systems.* *Soil Research* 54(2):173.
- Monroy Romero, A. (2011). 87. *Monroy Romero, A. (2011). Pastoreo con enfoque holístico: efecto sobre la fertilidad química edáfica, vegetación nativa y respuesta productiva de una manada mixta en un bosque de encino.*
- Montero, S. (2019). *Eficacia de los Microrganismo Eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco.* Huánuco, Perú.
- Ochoa, E. S.; Ortíz, S. C. A.; Gutiérrez, C. M. C.; Quintero, L. y Silva, G. J. T. . (2008). *Aplicación directa de residuos sólidos orgánicos municipales a suelos volcánicos.* . *Terra Latinoamericana.* 27:53-62.
- O'hea, N. M.; Kirwan, L.; Finn, J. A. . (2010). *Experimental mixtures of dung fauna effect dung decomposition through complex effects of species interactions.* . *Oikos.* 199: 1081-1088.
- Omaliko, C. (1981). *Deposición de estiércol, descomposición y comportamiento de pastoreo del ganado de carne en dos estaciones en un ecosistema de pastizales tropicales.* *Ecología y gestión de pastizales / Journal of Range Management Archives,* 34(5): 360-362.
- Omaliko, C. (2007). *Dung deposition, breakdown and grazing behavior of beef cattle a two seasons in a tropical Grassland ecosystem.* *Journal of Range Management* 34(5): 360.
- Orozco Corral, A. L., Valverde Flores, M. I., Martínez Téllez, R., Chávez Bustillos, C., & Benavides Hernández, R. (2016). *Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano.* . *Terra Latinoamericana.* 34(4): 441-456.
- Paco Pérez, V., Gonzales Torrico, M., Barrientos, E., & Carevic, F. S. (2022). *Influencia bacteriana y fúngica en la mineralización de estiércol bovino: evidencia sobre la fertilidad del suelo en el cultivo de quinua (Chenopodium quinoa Willd.).* *Revista de Investigaciones Altoandinas* 24(1), 9-16.
- Parra Oviedo, C. (2008). *Caracterización de poblaciones microbianas en dos tipos de estiércol, durante el proceso de compostaje.*
- Pascual, R., & Venegas S. (2010). *La materia orgánica del suelo. Papel de los microorganismos.* *Ciencias ambientales,* 11.
- Pérez, O.M.A., J.D. Etchevers, H. Navarro G., y R. Nuñez E. . (2000). *Aporte de los residuos del cultivo anterior al reservorio de nitrógeno en tepetates.* *Agrociencia.* 34: 115-125.

- Picon Campos, E. Y. (2021). *Producción de compost con microorganismos eficaces a partir del estiércol de ganado vacuno en el centro de criadero Kotosh de la universidad nacional Hermilio Valdizán, del distrito de Huánuco-provincia Huánuco 2019.*
- Pino, A.D; Repetto, C; Mori, C; & Perdomo, C. (2008). *Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo.* . Terra Latinoamericana, 26(1), 43-52.
- Probert, M. E.; Delver, R. J.; Kimani, S. K. and Dimes, J. P. . (2005). *Modeling nitrogen mineralization from manure: representing quality aspects by varying C/N ration of sub-pools.* . Soil Biol. Biochem. 37:279-287. .
- Rafael Avila, M. (2015). *Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos.* Sapallanga-Huancayo.
- Rivera, J.E., Chará, J., Barahona, R. (2019). *CH₄, CO₂ and N₂O emissions from grasslands and bovine excreta in two intensive tropical dairy production systems.* . Agrofor Syst. 93(3): 915-928.
- Rochette, P; E. van Bochove, D. Prévost, D.A. Angers, D. Côté, and N. Bertrand. (2000b). *Soil carbon and nitrogen dynamics following application of pig slurry for the 19th consecutive year. II. Nitrous oxide fluxes and mineral N.* . Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 1396-1403.
- Ros, M., I. Rodríguez, C. García, and T. Hernández. . (2010). *Microbial communities involved in the bioremediation of an aged recalcitrant hydrocarbon polluted soil by using organic amendments.* Bioresour. Technol. 101: 6916-6923.
- Rufino, M.C., P. Tiftonell, M. T. Van Wijk, A. Castellanos-Navarrete, R.J. Delve, N de Ridder, and K. E. Giller. . (2007). *Manure as a key resource within smallholder farming systems: analyzing farm-scale nutrient cycling efficiencies with the NUANCES framework.* Livestock Science 112:273-287.
- Sainz Rozas, H.R., Echeverría, H.E. y Angelini, H.P. (2011). *Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de las regiones pampeana y extrapampeana argentina.* . Ciencia del Suelo, 29(1), 29-37.
- Sánchez Hernández, R; Ordaz Chaparro, V. M; Benedicto Valdés, G. S; Hidalgo Moreno, C. I; & Palma López, D. J. . (2005). *Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricomposto de cachaza y estiércol.* Interciencia, 30(12), 775-779.
- Sánchez-Monedero M. A., Roig A., Paredes C. Bernal M. P. . (2001). *Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures.* . Biores. Technol., 78 (3): 301-308.
- Sánchez-Rosales, Rocío et al. (2017). *Comparison of three systems of decomposition of agricultural residues for the production of organic fertilizers.* Chilean Journal

- of Agricultural Research. 77(3): 287-92.
- Silva, A. (1998). *La materia orgánica del suelo*. Montevideo: Facultad de Agronomía. 34 p.
- Sims, J. (1987). *Evaluación agronómica del estiércol avícola como fuente de nitrógeno para maíz convencional y sin labranza*. Agron. J. 79: 563-570.
- Strickland, M. S. y Rousk, J. (2010). *Considering fungal: bacterial dominance in soils-methods, controls, and ecosystem implications*. . Soil Biology and Biochemistry, 42(9), 1385-1395. .
- Suler, D.J., Finstein, S. . (1977). *Effect of Temperature, Aeration, and Moisture on CO₂ Formation in Bench-Scale, continuously Thermophilic Composting of Solid Waste*. . Appl. Environ. Microbiol., 33 (2): 345-350.
- Sundberg, C., Smars, S., Jonsson, H. . (2004). *Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting*. . Biores. Technol., 95 (2): 145-150.
- Thorn, R. G. y Lynch, M. D. . (2007). *Fungi and eukaryotic algae*. . En P. Eldor. (Ed.), Soil microbiology, ecology, and biochemistry (pp. 145-158). Academic Press Elsevier. .
- Tisdale, S. L.; Beaton, J. D.; Havlin, J. L.; and Nelson W. L. . (1999). *Nitrogen transformations in soil. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. . 6th (Ed.). Prentice-Hall, New Jersey, USA. 108-135p.
- Trejo-Escareño, H. I; Salazar-Sosa, E; López-Martínez, J. D; & Vázquez-Vázquez, C. . (2013). *Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz*. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(5), 727-738.
- Trejo-Escareño, HI, Salazar-Sosa, E., López-Martínez, JD, & Vázquez-Vázquez, C. . (2013). *Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz*. . Revista mexicana de ciencias agrícolas , 4 (5), 727-738.
- Uratani, A.; Daimon, H.; Ohe, M.; Harada, J. and Nakayama, Y. (2004). *Ecophysiological traits of field-grown *Crotalaria incana* and *pallida* as green manure*. . Plant Produc. Sci. 7:449-455.
- Uri, V.; Lohmus, K. and Tullus, H. (2003). *Annual net nitrogen mineralization in a grey alder (*Alnus incana* (L.) moench) plantation on abandoned agricultural land*. . Forest Ecol. Manag. 184:167-176.
- Velázquez-Rodríguez, A.S., Flores-Román, D., Etchevers-Barra, J.D., & García-Calderón, N.E. (2008). *Materia orgánica e tepetate bajo cultivo de higuera y pasto, acondicionado con estiércol y fertilizante*. Agrocienza, 42(1): 11-19.
- Villalobos, J. A. M., Reyna, E. N., Paredes, J. C., García, V. C., Ibarra, M. A. I., & Rodríguez, H. M. (2021). *Dinámica del nitrógeno y el carbón orgánico en el proceso de descomposición de una composta con estiércol de bovino y residuos de cosecha*. . Agrofaz: publicación semestral de

- investigacion cientifica, 3(2), 19-26.
- Wild, A. (1992). *Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell. Versión Española de P. Urbano Terrón y C. Rojo Fernández.* Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Yamada, D., Imura, O., Shi, K., & Shibuya, T. (2007). *Effect of tunneler dung beetles on cattle dung decomposition, soil nutrients and herbage growth.* Grassland Science. 53: 121-129.
- Zucconi, F., De Bertoldi, M. . (1987). *Specifications for solid waste compost.* . Biocycle 28 (5/6): 56-61.