



Prueba piloto de pacas bio-digestoras para el aprovechamiento de las heces de perros y gatos como abono para flores ornamentales en el municipio de Envigado.

Valentina Naranjo Delgado

Práctica académica como requisito para optar el título de:
Ingeniera Ambiental

Asesor

Dora Angela Hoyos Ayala. Ingeniera Química

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería
Escuela Ambiental
Medellín, Antioquia, Colombia.
2024

Cita

(Naranjo Delgado, 2022)

Referencia

- [1] Naranjo Delgado, V., "Prueba piloto de pacas bio-digestoras para el aprovechamiento de las heces de perros y gatos como abono para flores ornamentales en el municipio de Envigado.", [Trabajo de grado profesional]. Pregrado. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. 2023.

Estilo IEEE (2020)



Centro de Documentación de Ingeniería - CENDOI

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: Jhon Jairo Arbola Céspedes

Decano/Director: Julio César Saldarriaga Molina

Jefe departamento: Lina María Berrouët Cadavid

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

Primero agradecer a la persona que más me ha apoyado en toda la carrera y es mi madre, es mi mayor ejemplo de lucha y de nunca rendirse. Agradecer a todas las personas que participaron y me apoyaron a la hora de realizar la prueba piloto, a mi asesora Aida que fue una gran persona y gran maestra, a todo el equipo de la entidad pública que estuvieron a la par con este proyecto y a mi asesora Dora Ángela Hoyos por todos los consejos que me brindó. Quiero expresar también mi mayor gratitud a la Universidad de Antioquia por dejarme aprender tanto y sentir una segunda casa, y una segunda familia en el cual en este camino tan grato encontré personas maravillosas que motivan a seguir y nunca parar así todo parezca difícil.

Tabla de contenidos

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
1. Objetivos	17
1.1. Objetivo general	17
1.2. Objetivos específicos.....	17
2. Marco teórico	18
2.1. Pacas tipo Silva	18
2.2. Tenencia responsable de caninos	19
2.3. Ecozona	20
2.4. Inadecuada disposición de heces caninas.....	20
2.5. Aprovechamiento de materia fecal.....	21
2.6. Rehabilitación de suelos.....	22
2.7. Residuos sólidos	22
3. Metodología	24
3.1. Etapa 1: Revisión bibliográfica	24
3.2. Etapa 2: Diagnóstico	24
3.3. Etapa 3: Elaboración de una paca digestora modificada para el depósito de heces de perros y gatos.	26
3.4. Etapa 4: Sensibilización y educación a las comunidades objetivo.....	33
3.5. Etapa 5. Seguimiento.....	35
4. Resultados y análisis	38
4.1. Diagnóstico final según los diferentes tipos de catalizadores como mezcla.....	38
4.1.1 LOMBRICES: UNIDAD RESIDENCIAL ROCÍO DE LA MAÑANA.....	38
4.1.2 CASCARILLA DE CACAO: UNIDAD RESIDENCIAL FLOR DEL CAMPO	43
4.1.3 MICROORGANISMOS: UNIDAD RESIDENCIAL FLOR DE AZAHAR	49
4.1.4 SIN MEZCLA: SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO AGROPECUARIO.....	54
4.2. Actualización y análisis de los datos.....	60
5. Conclusiones	62
6. Recomendaciones	63
REFERENCIAS	64

Lista de tablas

Tabla 1 Resultado de los datos con Lombrices como catalizador.

Tabla 2 Descripción de la mezcla 5 meses después, con Lombrices como catalizador

Tabla 3 Resultado de los datos con Cascarilla de Cacao como catalizador

Tabla 4 Descripción de la mezcla 5 meses después, con Cascarilla de Cacao

Tabla 5 Resultado de los datos con Microorganismos como catalizador

Tabla 6 Descripción de la mezcla 5 meses después.

Tabla 7 Resultado de los datos sin ninguna mezcla como catalizador

Tabla 8 Descripción de la mezcla 5 meses después, con Microorganismos

Tabla 9 Medidas y comparaciones entre los cuatro sitios

Lista de figuras

Figura 1 Guillermo Silva con la Paca Digestora

Figura 2 Formaletas de Tetrapack

Figura 3 Tubo Concéntrico en Paca Digestora

Figura 4 Compresión de las Pacas Digestoras

Figura 5 Perfil de la Paca Digestoras

Figura 6 Paca Biodigestora Tipo Silva con Modificación para Disponer de las Heces

Figura 7 Pacas Digestoras en Unidad Residencial Flor del Campo

Figura 8 Pacas Digestoras en Unidad Residencial Flor de Azahar

Figura 9 Pacas Digestoras en Unidad Residencial Rocío de la Mañana

Figura 10 Pacas Digestoras en la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario

Figura 11 Interacción con la Comunidad

Figura 12 Seguimiento y Monitoreo de las Pacas Digestoras

Figura 13 Reunión con los propietarios de mascotas unidad Rocío de la Mañana

Figura 14 Paca día inicial, unidad Rocío de la Mañana.

Figura 15 Paca día final, Rocío de la Mañana con Lombrices como catalizador

Figura 16 Muestra de la parte central de la paca 5 meses después con Lombrices

Figura 17 Reunión con los propietarios de animales de compañía unidad Flor del Campo

Figura 18 Paca inicial, unidad Flor del Campo

Figura 19 Paca día final, Flor del Campo con Cascarilla de Cacao como catalizador

Figura 20 Muestra de la parte central de la paca 5 meses después con Cascarilla de Cacao

Figura 21 Primera paca de compostaje con Microorganismos como agente catalizador

Figura 22 Puerta a puerta con los propietarios de animales de compañía, Flor de Azahar

Figura 23 Paca inicial, unidad Flor de Azahar

Figura 24 Paca uno y dos, día final en la unidad Flor de Azahar con Microorganismos como catalizador.

Figura 25 Muestra de la parte central de la paca 5 meses después, con Microorganismos

Figura 26 Punto estratégico para la paca en el SMADA sin agente catalizador

Figura 27 Reunión de un buen uso de la paca en conjunto con la entidad pública del SMADA

Figura 28 Paca inicial, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario

Figura 29 Paca día final, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario sin agente catalizador

Figura 30 Muestra de la parte central de la paca 5 meses después, sin catalizador

Siglas, acrónimos y abreviaturas

SMADA	Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario
cm	Centímetro
m	Metro
fig.	Figura
Kg	Kilogramo
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

Los residuos sólidos orgánicos han sido estudiados desde hace tiempo por las formas y alternativas para su manejo adecuado y buena disposición. No obstante, en dichos estudios no se han incluido todos los residuos y como ejemplo de ello están los excrementos de animales de compañía como perros y gatos. Debido a que la población actual tiene un pensamiento diferente sobre los animales de compañía, el número de animales ha ido en aumento y el municipio de Envigado (lugar de este estudio) no ha sido la excepción. Si se consideran las problemáticas ambientales, culturales, sanitarias y económicas que genera dejar al aire libre los excrementos de estos animales, surge la necesidad de crear modelos con estrategias que brinden soluciones para ello; una de las estrategias son los modelos de pacas biodigestoras tipo Silva, con material vegetal, que incorporen el espacio adecuado para disponer en ella los excrementos de los perros y los gatos que tengan dueño.

Durante la práctica se realizó un estudio y se observó el comportamiento entre cuatro pacas biodigestoras y los diferentes tipos de mezclas que sirven como agentes aceleradores de la degradación, estos son: sin catalizador, cascarilla de cacao, lombrices, y microorganismos. Se observó cuál catalizador actuó más rápido, también la comparación de la reducción del volumen inicial (1m³), los cambios de temperatura dentro de la paca, los errores que estas pruebas piloto pueden mostrar para mejorar el modelo. Se hicieron seguimientos cada semana hasta que se llenaron las pacas biodigestoras con el fin de obtener un material que sirva para el abono del suelo, que no contamine, ni sea dañino, y se pueda utilizar en la siembra de jardines ornamentales. Como resultado de esta práctica académica, se identificó que el material de mezcla más óptimo para la descomposición son los productores de hongos y aceleradores como las lombrices o los microorganismos.

***Palabras clave* — pacas biodigestoras, abono orgánico, animales de compañía, aprovechamiento, descomposición, residuos sólidos, catalizadores, material vegetal.**

Abstract

Experts have been studying organic solid waste for some time to find ways and alternatives for adequately managing and disposing of it. However, these studies have not included all types of debris, such as pet excrement from dogs and cats. The population's changing attitudes towards pets have increased the number of animals in Envigado municipality. Considering the environmental, cultural, sanitary, and economic problems caused by leaving these animals' excrement in the open air, there is a need to create models with strategies that offer solutions. One of these strategies involves using Silva-type biodigester bales with vegetable material, which provide a suitable space for disposing of the excrement of owned dogs and cats.

During the experiment, we will conduct a study and observe the behaviors that include comparing four biodigester bales and different types of mixtures that act as degradation accelerators. These include mixtures without catalysts, cocoa husks, worms, and with microorganisms. We will observe which catalyst acts faster, compare the reduction of the initial volume (1m³), monitor the temperature changes inside the bales, and identify any errors these pilot tests may reveal to improve the model. We will follow up weekly until we fill the biodigester bales, aiming to obtain a material we will use for soil composting. This material should not pollute, be non-harmful, and be suitable for planting ornamental gardens. By the end of the experiment, we expect to identify the most optimal decomposition material as fungi producers and accelerators, such as earthworms or microorganisms.

***Keywords* — biodigester bales, organic fertilizer, pets, utilization, decomposition, solid waste, catalysts, plant material.**

Introducción

Dentro de las estrategias que ejecuta la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Rural en el municipio de Envigado, se cuenta con el “Proyecto Ecozona” de la Secretaría de Medio Ambiente (2022), que apuesta por la economía circular como una medida para mitigar la problemática asociada al cambio climático. Ecozona es así, la estrategia para gestionar ambientalmente un territorio con actividades de desarrollo sostenible, educando y trabajando en conjunto con la comunidad para que se adapten a las nuevas realidades que exige la mitigación del cambio climático y se apropien de ellas para trabajar colectivamente en temas como: movilidad sostenible, agricultura urbana, manejo integral de residuos, el consumo responsable, energías renovables, hábitats sostenibles, y la recuperación y apropiación del espacio público. Con ello se quiere reconocer que el ambiente hace parte de todos los que habitamos este planeta y usamos la tierra para satisfacer nuestras necesidades; es responsabilidad de todos cuidar los recursos naturales, indispensables para la vida, y una forma de hacerlo es apropiándose de los resultados de este proyecto, con el ánimo de disminuir las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) que generamos. Abordando el tema de manejo integral de residuos y la recuperación del espacio público se encontró una gran problemática en el municipio y es la alta tasa de animales de compañía que tienen los habitantes del municipio de Envigado; según el ambientómetro, se registran alrededor de 37 mil mascotas en el censo establecido por la Dirección de Bienestar Animal de la Alcaldía de Envigado.

Al habitar tantos animales de compañía en un territorio, se genera una problemática que corresponde a la cantidad de excremento que producen y las generaciones de impactos ambientales negativos como lo es: el uso excesivo de bolsas plásticas para recoger los excrementos, las partículas contaminantes en el aire y en el agua debido a los diferentes ambientes climáticos que se presenten, olores fuertes que genera la recolección de bolsas usadas en una caneca, y paisajísticamente afecta los espacios. El no tener alternativas en la gestión de los excrementos de las mascotas genera también un problema sanitario para nosotros los humanos. Está comprobado que existe un gran peligro con la infestación de larvas migrantes, tanto cutánea como visceral, constituyéndose así en un riesgo para la salud pública, debido a la contaminación del medio y a la

falta de información de la población que concurre a sitios infestados y toma contacto con los agentes como la *Ancylostoma*, la *Toxocara* y *Trichuris* (Marder, G et al., 2004).

La mayoría de los problemas sociales que surgen por la falta de alternativas de manejo y gestión de las heces de las mascotas son debido a la poca tolerancia que hay entre los mismos integrantes de una comunidad que conviven en un mismo territorio, debido a que el otro no tolera un animal porque simplemente no le gustan o genera conflictos por el hecho de no recoger las excretas de sus mascotas. Hay un problema también cultural debido a la poca conciencia y educación que tienen los tenientes de animales de compañía como es: el no recoger las heces, sacarlos a pasear sin su respectiva trailla, y en general, no ser un teniente responsable de un animal de compañía y tampoco darle una adecuada disposición a estos residuos sólidos como lo son los excrementos.

Los residuos sólidos orgánicos llevan años en ser estudiados y tienen protocolos para darles una adecuada disposición que ha sido eficiente y exitosa. Según el Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá, hay un grupo que pertenece a los residuos de origen inorgánico, no biodegradables como el vidrio, metales, plásticos, etc y los que se consideran orgánicos pero contienen una posible fuente de contaminación en su producto final, dentro de estos están los excrementos de animales de compañía (perros y gatos) en el cual se indica que si no se pueden alcanzar altas temperaturas en los sistemas de compostaje, estos pueden tener problemas de higiene: “Si los excrementos de animales domésticos contienen patógenos y no se sanitiza bien el residuo durante el proceso de compostaje, las plántulas de hortalizas y vegetales podrían tener problemas de contaminación y riesgos sanitarios, dando lugar a plantas no deseadas para su consumo.” (Manual de Compostaje, 2013).

Teniendo en cuenta que actualmente hay pocas soluciones o alternativas en la ciudad de Envigado en los procesos que pueden ser aplicados para el aprovechamiento de las heces de animales de compañía, se decide actuar en favor de los objetivos de la economía circular y la mitigación del cambio climático de la Ecozona, comprendiendo, además, las problemáticas ambientales, sanitarias y sociales. Es por ello que en esta práctica académica se realizó una prueba piloto en 4 lugares diferentes, entre unidades residenciales y espacios privados, en el municipio de

Envigado, con sistemas de compostaje anaeróbico tipo Silva para el aprovechamiento de los residuos de material vegetal, excrementos de perros y gatos y una mezcla catalizadora que acelere el proceso de descomposición de estas heces. A este proyecto piloto lo denominamos con el nombre de “Compostálo; por tu amigo animal”.

“Una paca digestora tipo Silva consiste en un bloque de basura orgánica prensada, en un metro cúbico, máximo. Ésta se arma con 250 kg de basura de cocina, vegetal y cárnica, cruda y cocida, también con estiércol animal de toda clase, cubierta con 250 kg de basura de jardín y de poda, por capas. Una vez prensada opera como un reactor o procesador biotecnológico, autónomo, a la intemperie, con bacterias, hongos y artrópodos nativos, sin necesidad de infraestructura. Es algo sencillo, económico y biodegradable, muy diferente a los reactores convencionales que son infraestructuras permanentes complejas y costosas” (Guillermo Silva Pérez, 2018). Con esta paca digestora tipo Silva se estudió la descomposición de los excrementos con los materiales de mezcla y así poder aprovechar a futuro estos residuos para crear abono orgánico que pueda ser apto para reutilizarlo como siembra únicamente en plantas de jardinería.

En el ámbito tanto nacional como internacional, se han hecho muchos estudios para el aprovechamiento y generación de biogás de esta materia prima rica en fósforo y nitrógeno como lo son las heces de animales de compañía. Entre los estudios se encuentran los siguientes:

En la Revista Latinoamericana del Ambiente y las Ciencias en Benemérita, México; publicaron los resultados de un estudio denominado, “Diseño de un digestor para generar humus fertilizante a partir de residuos sólidos fecales caninos” por Labastida, et al (2015). La investigación muestra que las heces fecales pueden pasar de ser un foco de infección y un atentado contra la salud pública a materia prima utilizada para una inagotable fuente de energía. La materia fecal canina se considera no aprovechada puesto que, es materia biodegradable a la que se le puede dar usos múltiples como en el caso de esta práctica donde se quiere aprovecharla en la siembra de jardines funcionales.

En la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Rivera y Castañeda en el año 2017, realizaron el trabajo de grado llamado,

“Propuesta para la disposición final de las heces caninas en la fundación huellas perros al servicio, ubicada en el municipio de Tabio, Cundinamarca”, con el objetivo de implementar una metodología adecuada para proporcionarle un manejo y disposición final idóneo a las excretas caninas de esta fundación. Esta investigación concluyó que el método del compostaje es una técnica apropiada para el manejo y disposición final de los residuos generados por los caninos, debido a que posibilita su reciclaje, y al darle más disposiciones de vida útil se obtienen también beneficios ambientales, reduciendo el uso de fertilizantes químicos y brindándoles nutrientes al suelo que son necesarios para usos como la agronomía, agricultura y usos ornamentales; además de mejorar el bienestar de la salud pública. Los resultados de laboratorio fueron aptos y favorables evidenciando que el abono que obtuvieron cumplía con los estándares de calidad.

Un artículo de investigación, presentó un estudio del “Manejo Integral de heces caninas: Compostaje versus Digestión Anaeróbica” (E. Martínez-Sabater et al 2019). En el estudio se compararon dos sistemas de compostaje diferentes entre anaeróbicos y compostaje de volteo aeróbico, en el cual utilizaron 3 tipos de materias primas diferentes; heces caninas, fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y los residuos de poda urbana. En este estudio se hizo un seguimiento de parámetros como la temperatura, conductividad eléctrica, carbono orgánico total, nitrógeno total, polifenoles solubles en agua en donde se observó una elevada producción de biogás y metano más que todo por mezclar los desechos de las heces y el material vegetal. Según los resultados, se encontró que “La contribución de las bacterias metanogénicas en los desechos derivados de las heces caninas puede aumentar la descomposición metabólica de la celulosa en el material vegetal, y la combinación de microorganismos presentes en ambos materiales, como *Bacteroides* sp., podría contribuir a una mayor producción de biogás” (Okoroigwe et al. 2010). Además, los resultados del estudio indicaron que estos procesos sí son viables para poder afrontar una gran problemática como lo son las grandes cantidades de desechos de heces de caninos que van a parar a los rellenos sanitarios, que forman biogases envueltos en bolsas de polietileno que a futuro es una preocupación medioambiental mucho más grande. Estas investigaciones concluyen con un gran éxito a futuro en alternativas que se pueden aplicar en zonas municipales, entornos urbanos donde la alta demanda de caninos y sus heces son una gran dificultad ambiental y social.

“Estas investigaciones son clave para el diseño de modelos integrados para el reciclaje de diferentes fuentes de materia orgánica, como los excrementos caninos, en un contexto municipal.” (E. Martínez-Sabater et al. 2019.)

Durante el desarrollo de la práctica académica se hizo acompañamiento y seguimiento en actividades de sensibilización para las comunidades dentro de las unidades residenciales y demás sitios donde se construyeron las pacas dentro del municipio de Envigado, se capacitó a los tenientes de animales de compañía de cómo hacer un uso adecuado y responsable en la gestión de estos residuos sólidos y a las personas objetivo que deben apropiarse de este conocimiento, como los que comprende el personal de oficios varios de los edificios y conjuntos residenciales. Se les ilustró a todos, la forma en que deben ser construidas estas pacas con cada poda que se genere, para que a futuro sepan aplicar las técnicas de compostaje y se apropien de esto como conjunto y comunidad. Con las pruebas piloto que se desarrollaron se quiso verificar si este método es el adecuado para unidades residenciales y si los catalizadores que aceleran el proceso de descomposición son útiles y cuál es el más conveniente, eficiente y de fácil acceso. Adicionalmente, se espera que a futuro se pueda identificar cuáles son los sitios idóneos dentro de las zonas urbanas y rurales del municipio para brindar opciones de solución a este tipo de problemáticas y contribuir con las buenas disposiciones y usos que se le pueden dar a los residuos sólidos.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Establecer las mejores condiciones de operación de las pacas biodigestoras para la disposición de las heces de animales de compañía, con el ánimo de mitigar los impactos negativos ambientales, sociales y económicos en zonas urbanas y unidades residenciales en el municipio de Envigado.

1.2. Objetivos específicos

Capacitar a las comunidades de unidades residenciales y personal de servicios generales para una tenencia responsable de animales de compañía y como hacer una mejor disposición de las heces a través del compostaje, todo ello encaminado a identificar un tratamiento bajo el concepto de economía circular.

Realizar las primeras pacas digestoras tipo Silva con la participación del personal de servicios generales en 4 lugares diferentes correspondientes a unidades residenciales en el municipio de Envigado.

Monitorear continuamente (una vez a la semana) las pacas biodigestoras durante 4 meses en los sitios estratégicos definidos para su estudio, midiendo parámetros como: el pH, la temperatura, el tamaño y cambio de volúmenes por el tiempo de las prácticas académicas.

Diagnosticar e identificar cuál material de mezcla es el más adecuado, para la aceleración de la digestión en las pacas y si el material final compostado tiene resultados óptimos para el uso como abono para las siembras de jardines funcionales.

2. Marco teórico

2.1. Pacas tipo Silva

Anteriormente, la manera en la que se aprovechaban los residuos orgánicos era de una forma convencional, juntando todo en pilas al aire libre para paliarlas y voltearlas constantemente para que haya una oxigenación y no permita los malos olores, lixiviados, gases tóxicos, moscas, ácido sulfhídrico, etc.

Gracias a la investigación de Guillermo Silva Pérez, tecnólogo forestal, descubrió un método para aprovechar la basura orgánica de cualquier tipo, sea carne, huesos, comida cocida, cáscaras de vegetales e inclusive las heces de los animales de una manera no tan desagradable para las personas.

Figura 1. Guillermo Silva con la Paca Digestora.



Nota. Tomado de Revista TECSISTECATL.

Este método consiste en mezclar y prensar por capas todos estos residuos orgánicos junto con el material vegetal producido de los jardines o de la poda, todo dentro de un cubo de 1 metro cúbico

como máximo, esto para mantener una temperatura debajo de los 60°C y así evitar la formación de los ácidos tóxicos y contaminantes.

“La Paca Digestora Silva puede evitar el desperdicio del 60% de los residuos sólidos urbanos y toda su contaminación al: agua, aire, suelo y comunidad, una afectación grave, pero normal en el “Manejo Racional” de la basura.” (Silva Pérez, 2018).

2.2. Tenencia responsable de caninos

Existen grandes cantidades de caninos en el municipio de Envigado, la mayoría pertenecen a propietarios que actúan de manera indiferente ante la correcta y/o adecuada disposición de las heces de sus animales de compañía desde el no recogerlos y dejarlos al aire, agua y sol; contaminando el ambiente que afecta tanto a la tierra, los mismos animales de compañía y a los seres humanos.

Esto se convierte en una práctica nefasta para la salud pública, ya que las heces en campo se convierten en un foco de contaminación. El foco de contaminación, se refiere a las moscas, cucarachas, ratas, perros y hasta las mismas personas, quienes transportan los microbios y parásitos a los hogares, contaminando no solo los alimentos sino todo aquello con que estén en contacto, además, de la contaminación que se genera en los cuerpos hídricos, ya que cuando hay lluvias, mediante el arrastre de heces, llegan a este recurso, el cual es vital para los seres vivos. (Gómez Vega O, 2007). Para prevenir estos efectos negativos en la salud y ambientalmente se necesita tener buenas prácticas de convivencia, de responsabilidades y de respeto al otro ser humano, al ser animal y al medio ambiente.

Según el Decreto 4741 de 2005, las heces o materia fecal de los perros o gatos se catalogan como un residuo peligroso debido a las características infecciosas que probablemente causen riesgos para la salud humana. Así mismo, se consideran residuos o desechos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Estos conceptos demuestran la importancia de tener iniciativas que mejoren una sana convivencia, mejoren los impactos culturales, medioambientales y sociales con la adecuada y responsable recolección y disposición final de estos residuos.

2.3. Ecozona

Según la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario, Ecozona es un proyecto que busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar las condiciones de adaptación al cambio climático mediante procesos educativos y de sensibilización; con intervenciones de bajo costo y grandes impactos positivos; además, todo ello construido de manera colectiva con la comunidad. Entre las acciones a desarrollar están: acciones de desarrollo sostenible como la movilidad sostenible, mejoramiento del hábitat y espacio público, agricultura y silvicultura urbana, energía renovable, y manejo integral de residuos.

Además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en la zona intervenida, se busca privilegiar la calidad de vida de los ciudadanos, mejorando la calidad del aire, el espacio público, la seguridad, el transporte sostenible, la seguridad alimentaria, el equilibrio con el ambiente y la construcción de tejido social; teniendo como base el rol del ciudadano como parte de la solución para mitigar y adaptarse al cambio climático.

De todo lo anterior, se resalta así la importancia de tener buenas prácticas para una mejor calidad de vida y una sana convivencia con los demás. La construcción de una alternativa de manejo y educación respecto a la metodología e implementación del aprovechamiento de heces de caninos y felinos es una buena solución frente a los nuevos retos que nos impone la problemática del calentamiento global y el cambio climático.

2.4. Inadecuada disposición de heces caninas

Del estudio de investigación, “Caracterización epidemiológica de parásitos gastrointestinales zoonóticos en caninos con dueño del área urbana del municipio de La Mesa, Cundinamarca” (Alarcón et al, 2014), se afirma que hay registros de situaciones en las que se han

encontrado enfermedades, infecciones y bacterias debido a las malas disposiciones de las heces o excrementos y el dejar estos residuos al aire libre.

Este estudio recolectó muestras de materia fecal de los caninos y encontraron que habían muestras contaminadas de parásitos; el *Ancylostoma* spp fue el que más se encontró, además de *Trichuris* spp y *Giardia* spp, las cuales son dañinas para la salud ya que pueden dar infecciones graves, desnutrición y/o dolores abdominales. Es por esto que se concluye y se afirma que la presencia de parásitos encontrados promete un riesgo para la salud humana y animal, por lo que es requerido que se implementen estrategias educativas y sanitarias en la comunidad, además de las responsabilidades que le caben a un teniente de animal de compañía como la de hacer siempre la desparasitación de su canino o felino.

2.5. Aprovechamiento de materia fecal

Una de las alternativas viables para la problemática sanitaria, ambiental y social es la recuperación de materias primas como las heces caninas utilizando el método del compostaje anaeróbico. Los residuos sólidos como los excrementos de animales, restos de materia vegetal como hojas caídas o podadas, son fáciles para la degradación y reincorporación en el suelo y por ende son apropiados para otros usos o disposiciones como en la obtención de abono para la siembra de jardines ornamentales. Los productos obtenidos (abonos) que no tienen patógenos pueden ser utilizados para agricultura urbana y también en la recuperación de tierras sin nutrientes.

Según los resultados de la investigación, “Propuesta para la disposición final de las heces caninas en la Fundación Huellas Perros al Servicio, ubicada en el municipio de Tabio, Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas”, se concluyó que el compostaje es un proceso efectivo, económico y con beneficios ambientales para dar una disposición final a los residuos orgánicos en este caso a las heces de los caninos. Al incentivar en otras instituciones la elaboración de compostaje con las heces de los caninos, se promueve la disminución de la contaminación debida a los residuos generados, incrementa espacios sanos y libres de malos olores, de patógenos virus o enfermedades y a la fertilización de suelos empobrecidos. (Rivera, A., & Castañeda, A. 2017).

2.6. Rehabilitación de suelos

Según la “GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA” (Sepúlveda, L., & Alvarado, J. (2013); el suelo es el ecosistema más biodiverso del mundo, en el cual habita un gran número de grupos de macro y microorganismos que lo hacen apto para dar los nutrientes necesarios en el desarrollo de las plantas y encuentran que el compost ayuda a mejorar las propiedades del suelo: físicas (agregación, porosidad, retención de humedad), químicas (pH, materia orgánica, nutrientes) y biológicas (microorganismos, fauna), también su estabilidad y la capacidad de sostener plantas.

Es por esto que el aprovechamiento del material que queda después de un proceso de degradación por medio de un compostaje como el abono o humus sólido a los suelos degradados puede darse como uno de los métodos más eficaces para la rehabilitación de ellos y enriquecimiento de los nutrientes que sean escasos.

2.7. Residuos sólidos

Estas son algunas de las normativas encontradas para fortalecer las bases de esta iniciativa:

- Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos de 2016. CONPES 3874. Esta política busca adoptar medidas encaminadas hacia la prevención en la generación de residuos; la minimización de aquellos que van a sitios de disposición final; la promoción de la reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos; y evitar la generación de gases de efecto invernadero.
- Decreto 4741 de 2005. En la cual se prohíbe el abandono de residuos o desechos peligrosos en vías, suelos, humedales, parques, cuerpos de agua o en cualquier otro sitio.

-
- Decreto 3695 de 2009. En la cual se sanciona a todo aquel que deposite las heces fecales de mascotas y demás animales en prados y sitios no adecuados, sin la recolección debida.

 - Ley 1801 de 2016. Por la cual establecen en el Art. 6, hay que favorecer la protección de los recursos naturales, el patrimonio ecológico, el goce y la relación sostenible con el ambiente.

 - Constitución Política de Colombia de 1991. La cual, según el artículo 79 todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar.

 - Ley 99 de 1993. En la que según dictan en el artículo 5; se debe promover la formulación de planes de reconversión industrial ligados a la implantación de tecnologías ambientalmente sanas y a la realización de actividades de descontaminación, de reciclaje y de reutilización de residuos.

3. Metodología

Para llevar a cabo la prueba piloto del aprovechamiento de heces de animales de compañía, como perros y gatos, en pacas biodigestoras tipo Silva anaeróbicas, se establecieron las siguientes cinco etapas, las que permitieron tener un avance apropiado y acertado del trabajo, hasta el logro de los objetivos.

3.1. Etapa 1: Revisión bibliográfica

Se realizó un análisis previo de documentos acerca de temas con alternativas de aprovechamiento de residuos sólidos, tipo excrementos de caninos y felinos, que aborde, además, la problemática del uso excesivo de bolsas plásticas asociado a estos residuos y las consecuencias, de dejar al aire libre las heces de animales. Se consultó información sobre las problemáticas sociales y de convivencia entre las mismas comunidades y cómo el método del compostaje puede llegar a ser una de las alternativas más exitosas en la gestión ambiental de esta problemática en las zonas urbanas. La revisión bibliográfica de los documentos ha permitido tener elementos para la estructuración de las etapas en este estudio que permitan llegar hasta la elaboración de las pacas digestoras y la transmisión del conocimiento a las comunidades.

3.2. Etapa 2: Diagnóstico

Se realizaron recorridos en el municipio de Envigado y se tomaron como lugares para el estudio, 3 unidades residenciales y la Secretaría de Medio Ambiente Y Desarrollo Agropecuario. Los recorridos se realizaron en compañía de los contratistas de la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario en donde se identificaron lugares donde habitan un buen número de animales de compañía y no tienen un procedimiento para la adecuada disposición de las heces de sus animales. Los lugares que se establecieron para la realización de las pacas bio-digestoras son:

- Unidad Residencial Flor del Campo.
- Unidad Residencial Flor de Azahar.
- Unidad Residencial Rocío de la Mañana.

-
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario.

Se solicitó a los encargados o administradores de los sitios escogidos; información acerca de cuántas personas tienen animales de compañía, ya sea perro o gato, cada cuánto sacan a sus mascotas y qué material usan para recoger los excrementos. A cada sitio también, se le agregará un material de mezcla que acelere el proceso de descomposición de las heces. La información preliminar con las mezclas a utilizar en la elaboración de cada paca es la siguiente:

- Unidad Residencial Flor del Campo: Hay 36 dueños de mascotas, entre ellos perros y gatos, con un total de 42 animales aproximadamente. Mezcla: cascarilla de cacao generador de hongos.
- Unidad Residencial Flor de Azahar: Hay 21 dueños de mascotas, entre ellos perros y gatos, con un total de 34 animales. Mezcla: Microorganismos.
- Unidad Residencial Rocío de la Mañana: Hay 80 dueños de mascotas, entre ellos perros y gatos, con un total de 173 animales. Lombrices
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario: Hay un sitio especial donde hay perros con hogar de paso y desde que se hizo el proceso se cuenta con 6 perros en total. Este se deja natural, sin ningún material.
- En todos los lugares de acopio para el trabajo con las pacas, los dueños indicaron que sus mascotas producen heces dos veces al día en promedio y además, todos recogen las heces con las bolsas negras de polietileno que suministran las unidades residenciales o que ellos mismos compran.

3.3. Etapa 3: Elaboración de una paca digestora modificada para el depósito de heces de perros y gatos.

Con base en todo lo recopilado e identificado se tienen elementos para la elaboración de las pacas digestoras tipo Silva con la modificación que implica la incorporación de los excrementos y poder compostarlos.

Estas pacas se realizan inicialmente con 4 formaletas de material reciclable de tetrapack para poder armar un cubo con un tamaño de un metro cúbico. Las formaletas se insertan de modo que encajen y se colocan debajo de un terreno estable que tenga muy poca inclinación. Ver **figura 2**.

Figura 2. Formaletas de Tetrapack



Después de tener la formaleta armada, se pone el tubo vacío en toda la mitad del cubo como lo muestra la **figura 3**, se mide con un metro de manera tal que quede concéntrico. Este tubo ayudará a dar la forma y permitirá que haya un espacio en todo el centro de la paca para disponer en ella, las heces de los animales de compañía.

Figura 3. Tubo Concéntrico en Paca Digestora



Para iniciar, se depositan primero unos troncos delgados en toda la base para que ese sea el drenaje de los lixiviados y no se convierta en un pantanero, luego, pasamos a depositar por fuera del tubo, los materiales vegetales como el residuo de poda de cada lugar y hojas secas que tengan, también se recomienda ir depositando en capas (ver **fig.5**) un material más degradado que el inicial que ya esté en descomposición; esto con el fin de que incite al material recién podado a descomponerse más rápido, a medida que se van depositando estos materiales, se aplasta o apisona con un pisón o material pesado que pueda ayudar a comprimir muy bien el material y se le saque todo el aire como lo muestra la **figura 4**.

Figura 4. Compresión de las Pacas Digestoras



Al llenar todo el espacio del cubo y comprimir muy bien el material vegetal, este quedará tan bien compactado, que se procede inmediatamente a retirar la formaleta de tetrapack y el cilindro también. Se debe ver como la **figura 5**.

Figura 5. Perfil de la Paca Digestora



Una vez se retiran los materiales, la paca digestora queda como un cubo hecho de material vegetal el cual ni la lluvia hará que se desmorone, este cubo queda con un hueco en la mitad (ver **fig.6**), en el cual es ahí donde las dueños de animales depositarán las heces de sus perros sin echarle bolsas plásticas; se recomienda recoger estas heces con una pala reutilizable y depositarlo sin

ningún otro material, a excepción de papel periódico, papel higiénico, servilletas, bolsas de maíz, o cualquier material que sea biodegradable y se pueda descomponer y compostar fácilmente.

Figura 6. Paca Biodigestora Tipo Silva con Modificación para Disponer de las Heces



El paso a seguir, es que cada dueño de su mascota, deposite el excremento de su perro o gato en el hueco de la paca digestora y le adicionen inmediatamente un puñado de material seco, como hojarasca o aserrín encima del excremento, para así asegurar que no hayan malos olores ni moscas alrededor. Al final del día se comprime el material fecal del centro de la paca para que haya más espacio a disposición.

Cada semana se deposita en el hueco de la paca digestora el material de mezcla correspondiente a cada una, ya sea cascarilla de cacao, lombrices o microorganismos.

Una vez se haya llenado el hueco de la paca, pasamos a echarle una capa de tierra para sellarlo y poder dejar la paca a la intemperie para que haga los procesos naturales de descomposición por los meses siguientes hasta que se vuelva completamente abono. Cuando una paca se llena, se procede a hacer otra más para seguir con el mismo proceso.

Figura 7. Pacas Digestoras en Unidad Residencial Flor del Campo



Figura 8. Pacas Digestoras en Unidad Residencial Flor de Azahar



Figura 9. Pacas Digestoras en Unidad Residencial Rocío de la Mañana



Figura 10. Pacas Digestoras en la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario



3.4. Etapa 4: Sensibilización y educación a las comunidades objetivo

En esta etapa, se reunió a todo el personal de administración, servicios generales, contratistas expertos en el tema y los dueños de los perros y/o gatos para darles capacitaciones acerca de las problemáticas ambientales, económicas, sociales y culturales, problemáticas sanitarias tanto para el humano como para el animal y problemas legales.

Se les da una charla de tenencia responsable de animales de compañía (ver **fig.11**) y la importancia de darle un uso adecuado a estos residuos sólidos de las heces de sus perros y se les enseñan los pasos a seguir con estas pacas digestoras tipo Silva, que en este proyecto las denominamos “Paca Compóstalo, por tu amigo animal”.

Figura 11. Interacción con la Comunidad





3.5. Etapa 5. Seguimiento

Como etapa final; se hizo un seguimiento semanal a las pacas en los cuatro sitios de estudio, monitoreando con un medidor digital de suelos parámetros como la temperatura y el pH dentro del espacio donde se disponen las heces. Se midió además, la variabilidad del tamaño de toda la paca respecto a su volumen inicial (1 metro cúbico).

Según lo reportado en el artículo: “Manejo integral de heces caninas: Compostaje versus digestión anaeróbica” (E. Martínez-Sabater et al, 2019), las mezclas iniciales de pH no tenían valores relativamente altos y al final del proceso se había producido un aumento significativo del pH, asociado al enriquecimiento en bases de intercambio y la pérdida de ácidos grasos volátiles. Este aumento de pH se observa comúnmente en el compostaje de estiércol con residuos vegetales (Gavilanes-Terán et al., 2016 ; Benito et al., 2009). Según estudios previos, el pH de las compostas obtenidas a partir de heces de perros estaba cerca de la neutralidad (Nemiroff y Patterson, 2007). Los valores de pH en el rango de 6,0 a 8,5 se consideran adecuados para el compost (Bustamante et al., 2010; Hogg et al., 2002).

Esta investigación nos reafirma el porqué de medir los parámetros mencionados anteriormente.

Figura 12. Seguimiento y Monitoreo de las Pacas Digestoras



4. Resultados y Análisis.

4.1. Diagnóstico final según los diferentes tipos de catalizadores como mezcla

4.1.1 LOMBRICES: UNIDAD RESIDENCIAL ROCÍO DE LA MAÑANA

La unidad Rocío de la Mañana, se encuentra en la zona 4 del municipio de Envigado, (Zona Rural), cuenta con un área de 142.820 metros cuadrados aproximadamente, es una unidad estrato 6 que tiene una zona vegetal muy amplia de más de 13.000 metros de zona verde en todo el terreno, allí habitan animales silvestres por su clima tropical, tienen también un sitio para el compostaje de metodología tradicional al aire libre adaptado para compostar todo el material de poda que producen. Esta unidad cuenta con una poda al mes, recogiendo alrededor de 2 toneladas de material vegetal mensual. En la unidad residencial hay 104 casas, y en 80 de ellas tienen animales de compañía, entre estos perros y gatos que en total suman 173 animales de compañía en la unidad.

Se escogió una zona con superficie plana (ver **fig 9**), para realizar el primer piloto de la paca tipo Silva modificada junto con el personal de servicios generales, buscando que estuviera en el mismo lugar donde las personas dueñas de sus animales de compañía estén habituadas a sacarlos para hacer las necesidades y allí mismo botarlas. Una vez instalada la paca “*Compóstalo*”, se convocó a los propietarios más responsables a una reunión en el sitio de la paca y explicarles el paso a paso, como lo escrito en el enunciado **3.3 Etapa 3** de la “*Elaboración de una paca digestora modificada para el depósito de heces de perros y gatos*”. (ver **fig 13**).

Figura 13. Reunión con los propietarios de mascotas unidad Rocío de la Mañana



Luego de haber hablado con los dueños de animales de compañía, estos se comprometieron a trabajar de la mano con nosotros como sector público en la Secretaría de Medio Ambiente, para poder estudiar la prueba piloto. Con el tiempo cumplieron con disponer de manera correcta las heces de sus perros o gatos en el orificio, y gracias a su colaboración se pudo tomar los datos necesarios indicados en la metodología durante un periodo de 90 días (día final del estudio) los cuales arrojan datos como lo muestra la **Tabla 1**.

Tabla 1. Resultado de los datos con Lombrices como catalizador.

Fecha	Temperatura (°C)	Altura (cm)	pH
18/sep	36	90	5.2
28/sep	40	73	5.7
07/oct	32	54	5.8
07/dic	29	45	6
18/dic	25	38	6.5

Como se puede observar en la **Tabla 1**, hay un aumento en la temperatura en el primer mes y en el segundo mes, se puede ver cómo esta temperatura que estaba más alta que la inicial, vuelve a disminuir hasta llegar aproximadamente a una temperatura ambiente de 25°C. Con respecto a la altura final de la paca, ésta alcanza una medida de 38 cm, lo cual su disminución fue relevante comparada con la del día 1, la cual tenía un metro o 100 cm de altura. Por último, se puede observar

que a medida que avanzan los días y meses, su pH aumenta paulatinamente y pasa de iniciar con un valor de 5.2 cercano a la acidez, hasta llegar a un valor de 6.5, cercano a la neutralidad.

En las **figuras 14 y 15** se puede observar cómo era la paca el primer día que se construyó en la unidad Rocío de la Mañana, cómo fue avanzando durante todo el tiempo de estudio durante tres meses, hasta su último día (día 90).

Figura 14. Paca día inicial, unidad Rocío de la Mañana.



Figura 15. Paca día final, Rocío de la Mañana con Lombrices como catalizador.



La población en general, respondió muy amablemente a la situación, haciendo uso de la paca bio-digestora, algunos traían las heces de sus gatos envueltos en bolsas Kraft con la arenita pegada, otros compraron la pala, y también se pudo observar que la mayoría optaron por usar periódico. La voz se regó y más personas se daban cuenta del uso de esta paca y la usaron tan seguido que llenaban el hueco en dos semanas, lo cual nos forzaba a realizar más pacas en la unidad, lo cual era asequible realizarlo ya que la unidad contaba con mucho material vegetal por su amplia zona verde, en la unidad se logró realizar un total de 7 pacas hasta el día de mi participación como practicante en la Secretaría de Medio Ambiente. Igualmente se observó que algunas personas depositaban las heces con bolsas negras de polietileno en la paca, la cual nos tocaba retirarlas. Como al lado estaban las canecas tradicionales para los dueños que recogen las heces con bolsas y las tiran, pudimos notar que gran cantidad todavía dispone en esas canecas, lo cual generaba aparición de moscas, dispersión de malos olores y pudrición.

A diferencia de las pacas tipo Silva con modificación, estás pacas desde el día 1 que está instalada, no generó olores, no hubo presencia de moscas, las personas no se quejaron de olores desagradables o moscas presentes o tampoco que les pareciera molesto o asqueroso lo que tenían que hacer con las heces de sus mascotas, se puede observar a simple vista cómo hubo una reacción positiva por cuenta de la paca y sus componentes al hacer crecer una planta que no fue sembrada con intención, que tal vez debido a la intemperie una semilla le cayó y se instaló sola; y que por cuenta sola, floreció.

Por último, 5 meses después, se tomó una muestra de la parte central de la paca, donde estaba el proceso de descomposición y degradación de las heces junto con el catalizador el día final del estudio (día 90), ver **fig. 16**, la cual se puede describir como lo indica la **Tabla 2**.

Figura 16. Muestra de la parte central de la paca 5 meses después con Lombrices



Tabla 2. Descripción de la mezcla 5 meses después, con Lombrices como catalizador.

Descripción características físicas	
Color	Se presenta un color oscuro parecido al negro.
Olor	Tiene un olor muy ligero que huele un poco a tierra, se siente un aspecto que neutraliza un poco el olor.
Textura	La textura puede estar entre media a una textura gruesa.
Suelo	Posible suelo orgánico ya que está compuesto de la descomposición gradual de la materia vegetal y animal.
Humedad	Alta humedad, se observa que tiene capacidad para retener la humedad.
Observaciones	Se observó un crecimiento de la materia vegetal que crecía por encima de la paca. Había presencia de pequeñas lombrices.

4.1.2 CASCARILLA DE CACAO: UNIDAD RESIDENCIAL FLOR DEL CAMPO

La unidad Flor del Campo, está ubicada en el barrio El Dorado, en la zona 6 del Municipio de Envigado, tiene un área de 11.500 m² aproximadamente en la cual cuenta con una amplia zona verde con árboles de aguacate, mandarinas, guanábanas, naranjas. etc. Esta unidad recibió muy bien la propuesta del proyecto y se notó el interés debido a la alta diversidad en la que habitan y el hecho de haber sido reconocidos en un premio con el título de “Envigado Florece”, al ser una de las unidades más cuidadosas y llenas de jardines, las flores y la fauna. En esta unidad hay un total de 120 casas, de las cuales solo 36 personas son dueños de sus animales de compañía, a un total de 42 animales entre perros y gatos. Esta unidad también cuenta con una poda al mes o cada 20 días, de la cual recolectan una alta cantidad para realizar dos pacas al mes, y también cuentan aparte con su compostaje tradicional de volteo en la zona superior de la unidad.

Para escoger el sitio de interés, se buscó una zona plana a todo el extremo de la unidad, en un espacio donde los dueños de los bloques más cercanos, sacan a sus mascotas, en esta zona hay más sombra que luz del sol debido a los árboles. A la hora de comunicarnos con los propietarios de animales de compañía más responsables de la unidad, (ver **figura 17**), surgieron comentarios tales como: “que si por ejemplo llovía y tenían que desplazarse bastante para llevar las heces hasta la paca, no lo harían”, o decían que “ las otras personas nunca iban a hacer eso”, otros propietarios que se apropiaron tanto de aportar con el tema ambiental compraron paquetes de bolsas hechas de

maiz para recoger las heces de sus perros, otros que simplemente seguían arrojando el excremento de sus mascotas en las canecas que están en el lugar.

Figura 17. Reunión con los propietarios de animales de compañía unidad Flor del Campo.



Los datos necesarios indicados en la metodología durante el mismo periodo de 90 días (día final del estudio) arrojan los siguientes valores como lo muestra la **Tabla 3**.

Tabla 3. Resultado de los datos con Cascarilla de Cacao como catalizador.

Fecha	Temperatura (°C)	Altura (cm)	pH
18/sep	47	82	5.13
28/sep	40	69	5.2
07/oct	36	51	5.2
07/dic	28	45	5.87
18/dic	24	34	6.26

En la **Tabla 3** se puede observar que durante la primera semana después de haber sido instalada la paca, hay un aumento de la energía en forma de calor y consecuentemente en la temperatura, hasta llegar a los 47°C, luego con los días y los meses, esta temperatura fue mermando su valor hasta llegar a 24°C como temperatura final. De la altura se puede decir lo mismo que de la paca anterior y es que a medida que pasa el tiempo, su altura disminuye hasta llegar a un valor de 34 cm el día 90 o día final del estudio.

En las **figuras 18 y 19** se puede observar cómo era la paca el primer día en Flor del Campo, cómo fue avanzando durante todo el tiempo de estudio, y como se ve hasta el último día de estudio (día 90).

Figura 18. Paca inicial, unidad Flor del Campo.



Figura 19. Paca día final, Flor del Campo con Cascarilla de Cacao como catalizador.



En general la población comprendió muy bien la dinámica, ya que se obtuvo resultados en poco tiempo de que la paca se llenaba al cabo de un mes, gracias a esto y en compañía de la unidad

y el personal, logramos realizar otras 5 pacas, para un total de 6, se repartieron 3 a un extremo de la unidad y las otras 3 al otro extremo, esto debido a que la unidad es tan grande y la paca se encontraba en solo un extremo de la unidad, que no todos los que vivían allí lograban identificar lo que pasaba, y les costaba más esfuerzo el tener que desplazarse más. En cuanto a la facilidad de poder realizar las otras pacas es debido a que en la zona hay mucho espacio con vegetación, lo cual se recolectaban hasta más bultos de los que se pedían para armar una paca y sobraba material. En el momento de realizar la otra paca en el otro extremo de la unidad, se presentó una queja por parte de unas personas que estaban en el primer piso y por la ventana veían la paca, decía: “eso se ve estéticamente muy feo”, “Eso parece un cubo grande de estiércol”, pero se logró hablar con ellas por parte del sector público y explicarle de qué se trataba y que con el tiempo se iba a ver más agradable al sembrarle flores.

Con la Cascarilla de Cacao como mezcla, no se generó olores en las pacas, no habían presencia de moscas, habían unas pequeñas lombrices, y como esta cascarilla proviene del cacao, las personas dueñas de sus animales nos decían que les gustaba mucho el olor, por su aroma a café. Cada semana que el personal de servicios generales o nosotros como entidad pública depositamos esta mezcla dentro del hueco, se lograba identificar la presencia de algunos hongos con un color semejante al blanco.

Por último, en la **fig.19** se puede identificar cómo los siete cueros rastreros que se sembraron faltando un mes para finalizar, dio fruto y se ven en crecimiento con dirección buscando el sol, la paca que se hizo de primeras se puede notar la diferencia de lo que se ha degradado comparando las otras que son más recientes.

A continuación, en la **fig.20** se muestran las evidencias y resultados de las muestras del material abonado con la mezcla catalizadora, la vegetación y las heces de animales de compañía 5 meses después, describiendo en la **Tabla 4** las observaciones físicas que se presentan.

Figura 20. Muestra de la parte central de la paca 5 meses después, con Cascarilla de Cacao



Tabla 4. Descripción de la mezcla 5 meses después, con Cascarilla de Cacao.

Descripción características físicas	
Color	Color café oscuro similar al negro
Olor	Casi inoloro, de cerca se percibe un pequeño olor a tierra.
Textura	De media a gruesa.
Suelo	Posible suelo orgánico ya que está compuesto de la descomposición gradual de la materia vegetal y animal.
Humedad	Permanece la humedad en la tierra
Observaciones	Hubo buena respuesta al mezclarse con la cascarilla de cacao, debido a los hongos que se generan.

4.1.3 MICROORGANISMOS: UNIDAD RESIDENCIAL FLOR DE AZAHAR

La unidad Flor de Azahar, está ubicada en la zona 6 del Municipio de Envigado perteneciente al barrio El Dorado, esta unidad es vecina a Flor del Campo, solo que un poco más pequeña y con menos cantidad de casas y menos zona verde. Esta unidad tiene un área de aproximadamente 9.200 metros cuadrados en el cual hay solo 37 casas, una seguida a la otra, una piscina privada en la mitad y en una pequeña esquina cuenta con una zona verde de alrededor de 60 o 100 m² con inclinación en casi toda su área, esta zona es donde podan y llevan lo que cortan de las casas o lo que ellos consideren escombros, en esta unidad no hay compostaje ni otros proyectos relacionados con el medio ambiente. 21 personas son propietarios de perros y gatos en esta unidad para un total de 34 animales. En esta unidad se cuenta con una poda al mes o cada 20 días, de la cual se recolecta muy poca cantidad de materia vegetal por cada mes.

El sitio escogido para realizar la paca fue en el extremo entre el espacio plano que había en la zona verde y en la cual también hay instalada una caneca para depositar los excrementos de sus animales de compañía. Como era la primera vez que se hacía una paca de compostaje con material vegetal en esa unidad, se pudo obtener todo el material necesario para llenar el molde del cubo de la paca, ver **fig.21** ya que se encontraba gran cantidad de material acumulado, lo cual no sucedió de la misma manera cuando esta paca se llenó y se quería realizar la segunda durante todo el periodo que se iban a estudiar las pacas. En el tiempo de estudio que estuvimos, solo se realizó un total de

dos pacas biodigestoras con modificación para el abono con las heces de perros y gatos. Como en la unidad hay muy pocas casas, se decidió que no se convocaría a una reunión, y en cambio hacerlo más personalizado, ya que la poca cantidad de personas en la unidad residencial, brinda el tiempo para explicarle a cada uno en sus propias casas, en una jornada de sensibilización puerta a puerta, junto con la Secretaría de Medio Ambiente, tal y como lo ilustra la **figura 22**.

Figura 21. Primera paca de compostaje con Microorganismos como agente catalizador.



Figura 22. Puerta a puerta con los propietarios de animales de compañía, Flor de Azahar.



Los datos necesarios indicados en la metodología durante el mismo periodo de 90 días (día final del estudio) arrojan los siguientes datos como lo muestra la **Tabla 5**.

Tabla 5. Resultado de los datos con Microorganismos como catalizador.

Fecha	Temperatura (°C)	Altura (m)	pH
18/sep	39	85	5.2
28/sep	37	74	5.22
07/oct	36	69	5.45
07/dic	31	52	5.9
18/dic	24	45	6.1

De la anterior tabla, se puede notar que la temperatura subió durante la primera semana y pasó de una temperatura ambiente de casi 25°C a 39°C, lo que paulatinamente y con el pasar de los días y meses comenzó a bajar su nivel de temperatura, hasta llegar el último día de estudio (día 90) a los 24°C. Con respecto a la altura, cada que pasan los meses ésta tiene el mismo comportamiento que las pacas estudiadas anteriores, su distancia respecto al nivel del suelo disminuye hasta llegar a los 45 centímetros. Por último, los valores del pH incrementan conforme pasa el tiempo y pasa desde un valor inicial de 5.2 hasta 6.1 como valor final en el día 90.

En las **figuras 23 y 24** se puede observar cómo era la paca el primer día en Flor del Campo, cómo fue avanzando durante todo el tiempo de estudio, y como se ve hasta el último día de estudio (día 90).

Figura 23. Paca inicial, unidad Flor de Azahar.



Figura 24. Paca uno y dos, día final en la unidad Flor de Azahar con Microorganismos como catalizador.



Las personas que trabajaron junto con nosotros respondieron muy bien en cuanto a sus responsabilidades como dueños, pero de los responsables de mascotas, contamos muy pocos que utilizaban la paca biodigestora en vez de la caneca tradicional, a pesar de que se les hizo una interacción más cercana y explicativa. En este caso, la paca tardó más en llenarse en comparación con las otras anteriormente estudiadas, por lo que se realizó la segunda paca 1 mes y medio después, que fue lo que tardó en llenarse por completo. Al momento de realizar la segunda, no había la suficiente cantidad de material vegetal para terminar de completar la paca, lo que hizo que encontráramos otra solución gestionando para que la unidad vecina Flor del Campo, le regalara material sobrante de la poda para poder finalizar la construcción de la paca.

De toda la población, incluso con el personal que se trabajó, no se presentaron quejas sobre malos olores o moscas mientras hacían uso y disponían de las heces en la paca digestora. Con los microorganismos que utilizamos ya se encontraban en un proceso de fermentación alcohólica, por lo que mientras dispersamos todo en el centro, se presentaron olores fuertes de alcohol y vinagre. Se puede identificar también en la **figura 24**, como a las pacas les crece vegetación, incluso la primera tiene una especie de planta de alguna semilla que posiblemente le cayó en la intemperie y a la segunda le sembramos siete cueros rastreros.

A continuación, en la **fig.25** se muestran las evidencias y resultados de las muestras del material abonado con la mezcla catalizadora, la vegetación y las heces de animales de compañía 5 meses después, describiendo en la **Tabla 6** las observaciones físicas que se presentan.

Figura 25. Muestra de la parte central de la paca 5 meses después, con *Microorganismos*



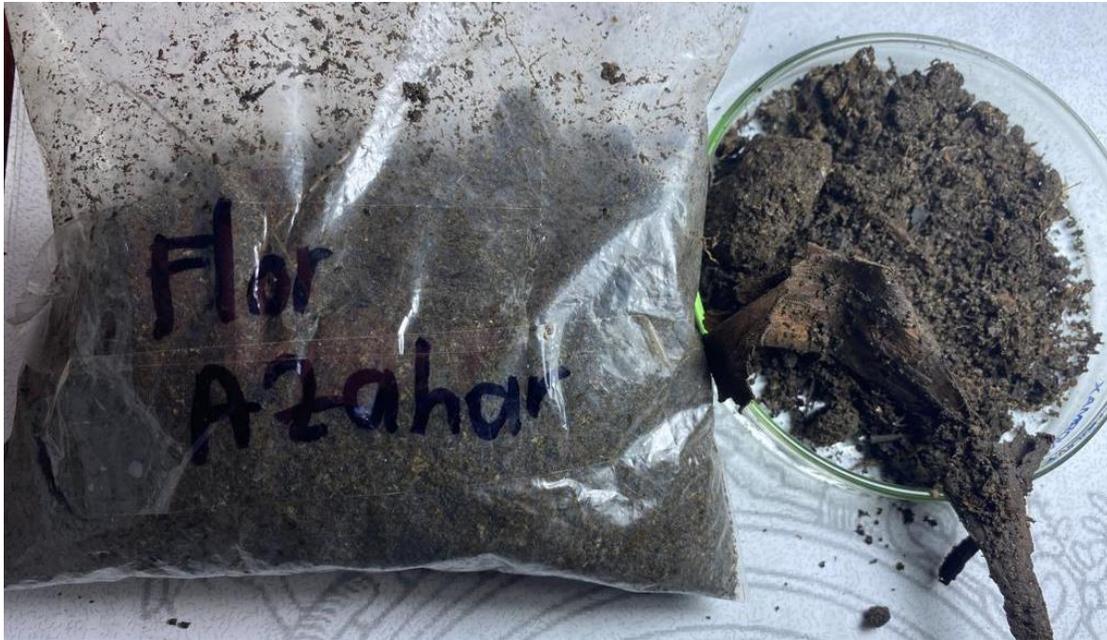


Tabla 6. Descripción de la mezcla 5 meses después, con Microorganismos.

Descripción características físicas	
Color	Color café oscuro
Olor	Casi inoloro, de cerca se percibe un pequeño olor a tierra.
Textura	De media a gruesa.
Suelo	Posible suelo orgánico ya que está compuesto de la descomposición gradual de la materia vegetal y animal.
Humedad	Al tocar el material, se siente fresco y se percibe que retiene humedad
Observaciones	Hubo buena respuesta al mezclarse con los microorganismos, aportando alcoholes y vinagres por la fermentación.

4.1.4 SIN MEZCLA: SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO AGROPECUARIO

La Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario (SMADA) está ubicada en el sector del Parque Ecológico Urbano El Dorado perteneciente a la zona 9 del Municipio de Envigado, esta zona cuenta con un área de 1.900 metros cuadrados aproximadamente. En un extremo cuentan un espacio en el cual tienen un pequeño vivero, otra para almacenar los materiales

y otra que está instalada para los perros que rescatan y se quedan por un tiempo. En el SMADA no cuentan con zonas donde se haga compostaje tradicional con volteo por temas de riesgo de salud, ya que es un lugar donde se convive con las personas que trabajan en esta entidad pública. También cuentan con un pequeño sistema de compostaje en guaduas para los residuos orgánicos de comida instalado al lado de las oficinas centrales. En el sitio hay poca presencia de césped o jardín por lo que el material que recogen cada mes es muy poco, por debajo de los 30 kg aproximadamente. Se instaló a lo largo del periodo estudiado, una sola paca. Allí solo se cuenta con 5 o 3 perros, sin gatos, debido a que solo se realizó el ensayo con los animales que estaban hospedados por un tiempo en el refugio.

El lugar que se escogió como punto estratégico fue al lado de la perrera donde se instalan los perros por un tiempo (ver **fig.26**), esta zona era angosta, ya que estaba lleno de guaduas y no permite que, entre la luz directa del sol, por lo que es una zona muy húmeda y sombreada. Cuando se realizó la paca modificada, se hizo en conjunto del departamento de Bienestar Animal y todo el equipo de Ecozonas y el personal encargado del bienestar de los perros, también se hizo una reunión para estar pendientes de cambios, modificaciones o interacciones que puedan reconocer entre todos (ver **fig. 27**). Al principio se presentaron inconvenientes con la persona encargada de recoger los excrementos debido al cambio repentino de metodología en sus paseos, no se sentía tan a gusto con la pala que se le entregó para traer las heces hasta la paca del SMADA y abonar.

Figura 26. Punto estratégico para la paca en el SMADA sin agente catalizador.



Figura 27. Reunión de un buen uso de la paca en conjunto con la entidad pública del SMADA.



Los datos necesarios indicados en la metodología durante el mismo periodo de 90 días (día final del estudio) arrojan los siguientes datos como lo muestra la **Tabla 7**.

Tabla 7. Resultado de los datos sin ninguna mezcla como catalizador.

Fecha	Temperatura (°C)	Altura (m)	pH
18/sep	40	82	5.1
28/sep	52	60	5.12
07/oct	49	54	5.31
07/dic	43	51	5.6
18/dic	41	49	5.8

Con base en la **Tabla 7**, se identifica que la primera semana de haber sido instalada, la paca subió a una temperatura de 40°C respecto al inicial considerando la temperatura ambiente de 25°C, conforme pasa el tiempo se puede notar un crecimiento significativo de temperatura en el primer mes, hasta llegar a un máximo de 52°C, al pasar de los siguientes días y meses, la temperatura iba minimizando su valor hasta llegar a los 41°C el día 90. Su altura tuvo un comportamiento muy similar al de las otras pacas y es que su distancia disminuye paulatinamente con el tiempo. En cuanto al pH se puede evidenciar que este aumenta y pasa de 5.1 a 5.8 durante todo el periodo de estudio en los 90 días.

En la **figura 28** se puede observar cómo era la paca el primer día en el SMADA, a comparación de cómo fue avanzando durante todo el tiempo de estudio hasta llegar al resultado del día final. Ver **fig.29**

Figura 28. Paca inicial, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario.



Figura 29. Paca día final, Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Agropecuario sin agente catalizador.



Trabajar con la paca digestora para compostar las heces de animales de compañía en la Secretaría de Medio Ambiente no presentó molestias o quejas por parte de las personas que trabajan en ese lugar durante el periodo presente. Al pasar los tres meses, hasta el último día de estudio, se alcanzó a llenar la paca, este proceso se demoró más debido a la poca cantidad de perros que habían para producir las heces para compostarlo. El material de vegetación para realizar la paca se utilizó de los restos de las podas de bosques, jardines o césped que la entidad pública había recolectado en otros sectores de Envigado y la transportaron hasta allá. No se realizaron más pacas, debido a la poca actividad e interacción con la paca y la asistencia no tan constante de los perros. A esta paca, se le adiciona una capa de estiércol de vaca para sellar.

La **figura 30** ilustra las evidencias y resultados de la muestra del material abonado en estado natural, o sea, sin catalizador junto con la materia vegetal y las heces de animales de compañía 5 meses después, describiendo en la **Tabla 8** las observaciones físicas que se presentan.

Figura 30. Muestra de la parte central de la paca 5 meses después, sin catalizador.



Tabla 8. Descripción de la mezcla 5 meses después, con Microorganismos.

Descripción características físicas	
Color	Color café entre claro y oscuro.
Olor	Leve olor a estiércol orgánico.
Textura	De media a gruesa.
Suelo	Posible suelo orgánico ya que está compuesto de la descomposición gradual de la materia vegetal y animal.
Humedad	Fresco y mojado.
Observaciones	Es un material que se siente más frío que los otros, más grueso, con más olor, color y se puede percibir que todavía es un material el cual no es fértil para el crecimiento de la vegetación.

4.2. Actualización y análisis de los datos

Respecto a las pacas, en el estudio se realizaron cálculos para medir y comparar el volumen inicial respecto al final y su capacidad, tal y como lo indica la **Tabla 9**. Para medir el volumen total se calculó el volumen de un cubo, con las medidas iguales para todas, de 1 metro cúbico como valor inicial, diferente al valor con el que haya finalizado; a este valor se le resta el volumen de un cilindro con los valores iniciales y finales respecto al diámetro, radio y altura del hueco con forma de cilindro, este cálculo da el total del volumen de toda la parte de la materia vegetal, tanto para el día final, como el inicial. La **Tabla 9** también ilustra los valores finales de los componentes que son relevantes para el proyecto.

Tabla 9. Medidas y comparaciones entre los cuatro sitios

	Rocío de la Mañana (Lombrices)	Flor del Campo (Cascarilla)	Flor de Azahar (Microorganismos)	SMADA (Sin Catalizador)
Fecha de inicio de paca (día 1)	10/septiembre	10/septiembre	10/septiembre	10/septiembre
Fecha final de toma de resultados (día 90)	18/diciembre	18/diciembre	18/diciembre	18/diciembre
Volumen inicial total (día 1)	0.898m ³	0.898m ³	0.898m ³	0.898m ³
Volumen final total (día 90)	0.251m ³	0.249m ³	0.345m ³	0.412m ³
Temperatura final (día 90)	25°C	24°C	24°C	41°C
pH final	6.5	6.3	6.1	5.8
Altura final (día 90)	38cm	34cm	45cm	49cm

Según la información de la **Tabla 9** y los resultados anteriores de las 4 pacas, se puede observar que al inicio las 4 pacas empezaron a elevar su temperatura en el primer mes, todos por encima de los 35° grados. Después del primer mes, las pacas con lombrices y la natural, siguieron aumentando su nivel de calor el cual sobrepasan los 50°C, mientras que las que contienen Cascarilla de Cacao y Microorganismos disminuyen su valor paulatinamente después de pasar el primer mes. El día final del estudio las tres pacas que tienen mezcla como agente acelerador, llegaron a una temperatura final de 25 a 24 grados, lo que entra en el rango de una temperatura ambiente a diferencia de la que no tiene mezcla de su interior, la cual llegó a una temperatura final de 41°grados.

Las cuatro pacas en los diferentes puntos, iniciaron con una altura de 1 metro o 100 cm y todas terminaron a una distancia de menos de la mitad respecto a la superficie del suelo. Para el

final del estudio, al día 90, las pacas que más disminuyeron la altura fueron las que tienen lombrices y cascarilla de cacao por debajo de los 40 cm y la paca de SMADA que no tenía catalizador, fue la que más alta quedó con respecto al suelo de 49 cm.

Respecto a los valores del pH, en las cuatro pacas se logra identificar que iniciaron desde la primera semana en un valor cercano a 5 y que con el tiempo esta fue aumentando al cabo de los tres meses, hasta llegar a valores por encima de 6, el que llegó más bajo de todos el día 90 fue el que no tiene catalizador con un valor de 5,8 y el más alto fue en Rocío de la Mañana con un valor de 6,5 con el catalizador de las Lombrices, cercano de la Cascarilla de Cacao con un valor de casi 6,3,

Para los valores de la paca respecto al volumen todos iniciaron con un valor de 0.9 metros cúbicos de material vegetal, se puede evidenciar que las pacas de Rocío de la Mañana y Flor del Campo con lombrices y cascarilla de cacao, se asemejan en cuanto al valor final de volumen de la materia orgánica comprimida llegando los dos a 0.25 metros cúbicos, y, la paca que quedó con más volumen final fue la de la SMADA con un valor de 0.4 metros cúbicos la cual no tenía mezcla catalizadora.

Adicional a esto, para la realización de una sola paca, a cada unidad siempre se contaban entre 450 kg a 550 kg de material vegetal para formar el metro cúbico de mezcla.

5. Conclusiones

Por medio del estudio se logró identificar la variabilidad en los aspectos tanto químicos como físicos en las pacas. Los cambios se pueden evidenciar con las altas temperaturas en ausencia de oxígeno, el cambio de alcalinidad en la mezcla, su disminución y degradación de la materia vegetal, el cambio de color, textura y olor. La presencia de bacterias u otros organismos y materiales como las lombrices, la cascarilla de cacao, o microorganismos descomponen la materia orgánica, actúan más rápido y su degradación es mayor. Es por esto que aparecen respuestas positivas en cuanto a que la prueba piloto sí puede descomponer y compostar materiales de residuos sólidos como lo son las heces de perros y/o gatos.

Se puede inferir que entre los materiales de mezcla más eficientes se encuentran la Lombriz Roja Californiana que estas lombrices han sido estudiadas por cientos de años las cuales son muy buenas indicadoras de la calidad del suelo por la presencia de los desechos orgánicos que estas reutilizan y la Cascarilla de Cacao que es productora de hongos lo que permite la degradación de materia orgánica. Esto es debido a que, en las evidencias de los resultados, las dos unidades donde se encontraban las pacas con estas mezclas, fueron las que presentaron cambios más rápidos y asertivos en comparación con la que no tenía nada, que de igual manera hacía su proceso, pero no de una manera tan eficiente como cuando tienen un material de mezcla para la aceleración de su descomposición.

Con estos tipos de material de mezcla, se concluye que estos pueden servir como abono (énfasis en que solo sea para plantas ornamentales, o sea, para usos decorativos), y de la cual estos tendrían una ventaja en las plantas, al no tener la necesidad de buscar por aparte productores de humus para su nutrición. Se logró también realizar talleres con la comunidad, encontrando resultados significativos al tener animales de compañía en cuanto a la responsabilidad con el animal, el medio ambiente y los vecinos, de cómo las sensibilizaciones ambientales ayudan más a que la comunidad se apropie de la situación y estos proyectos no queden a cargo de una sola entidad sino del trabajo en equipo y sentido de pertenencia por los espacios para convivir con otros.

6. Recomendaciones

Como recomendación para una implementación completamente instalada en una unidad cerrada o sectores públicos, o bajo la idea de retirar del todo las canecas de basura, es necesario que el lugar en donde se quiera hacer tenga zonas con capacidad de recolectar aproximadamente más de 2 toneladas de material vegetal podado al mes, o sea, lugares que cuenten con amplias zonas verdes como lo es la unidad Rocío de la Mañana. Se hace un énfasis en esto, debido a que la gran cantidad de perros que habitan es muy alta, y al ver que en este estudio que se realizó de tres a cuatro meses con las pacas y con pocas personas que las utilizaban, se llenaban en un tiempo de dos o hasta una semana, se convierte en un reto en el cual obliga a la realización de pacas más seguidas y la necesidad de mayores espacios. También, cuando se decidió implementar el tamaño del cilindro en la paca, fue una prueba piloto para reconocer si el tamaño era el indicado para que las mezclas funcionen, que sí pueda compostarse y no quede con residuos de las heces, o para verificar en cuantos días tiene capacidad para llenarse. Es recomendable entonces, probar con un espacio o un tubo que tenga mayor diámetro para que las pacas tengan más espacio para disponer de las heces de perros o gatos junto con el material de mezcla que actúa como acelerador del proceso.

Por último, si se desea realizar este proyecto en espacios públicos, es muy importante señalar todo, indicar muy bien para que las personas que están ajenas a estos procesos puedan entender y comprender cómo se hace uso de la paca, esto debido a que se presentaron inconvenientes en las unidades residenciales donde ya se les había explicado muy bien cómo disponer de ellas y aun así disponían las heces envueltas en bolsas negras de basura dentro de las pacas.

7. Referencias

- Alarcón, Z., Juyo, V., Larrota, J. (2014). Caracterización epidemiológica de parásitos gastrointestinales zoonóticos en caninos con dueño del área urbana del municipio de la mesa, Cundinamarca. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.* Tomado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/remvez/article/view/49382>
- EC Okoroigwe, CN Ibeto , CG Okpara. (2010). Estudio comparativo del potencial de los excrementos caninos para la producción de biogás. *Aplicación de tendencias científicas Res.* Tomado de: https://www.researchgate.net/profile/Cynthia-Ibeto/publication/287343248_Experimental_study_of_anaerobic_digestion_of_dog_waste/links/5746af0308ae9f741b431d2e/Experimental-study-of-anaerobic-digestion-of-dog-waste.pdf
- E. Martínez-Sabater. García-Muñoz. Bonete. Rodríguez. B. Sánchez-García. D. Pérez-Murcia. A. Bustamante. B. López- Lluch. Morales. (2019). Manejo integral de heces caninas: Compostaje versus digestión anaeróbica. Dpto. de Agroquímica y Medio Ambiente, Universidad Miguel Hernández, EPS-Orihuela, Ctra. Beniel Km 3.2, Orihuela, Alicante, 03312, España. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109437>
- Gómez Vega, O. (2007). *Educación para la salud. Segunda edición.* Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. (p. 84 - 204).
- Guillermo Silva Pérez. (diciembre 2018) ¿QUÉ ES LA PACA DIGESTORA SILVA? Un Reciclaje Orgánico Limpio y Saludable Universidad Nacional de Colombia, *Revista TECSISTECATL.* Tomado de: <https://www.eumed.net/rev/tecsistecatln23/paca-digestora-silva.html>
- Labastida Banderas, X., Zamora López, M., Rivera Morales, M., Pérez Díaz, L. Santacruz Vázquez, C., Cruz Miranda, N., & Victoria Moreno, H. (2015). Diseño de un digestor para generar humus fertilizante a partir de residuos sólidos fecales caninos. Puebla, México Tomado de: [http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/77/2/6\(14\)-6.pdf](http://cmas.siu.buap.mx/portal_pprd/work/sites/rlac/resources/LocalContent/77/2/6(14)-6.pdf)
- Marder, G.; Ulon, S.N.; Bottinelli, O.R.; Meza Fleitas, Z. ; Lotero, D.A.; Ruiz, R.; Peiretti, H.A.; Arzú, R.A. (2004). Infestación parasitaria en suelos y materia fecal de perros y gatos de la ciudad de Corrientes. *Cátedras de Patología Comparada y Salud Pública, Epidemiología y Bromatología e Higiene Alimentaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE, Sargento Cabral 2139, Corrientes (3400), Argentina.* Tomado de: https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/49055/RIUNNE_FVET_AR_Marder-Ulon-Bottinelli.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivera, A., & Castañeda, A. (2017). “Propuesta para la disposición final de las heces caninas en la Fundación Huellas Perros al Servicio, ubicada en el municipio de Tabio, Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. Tomado de: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6662/1/RiveraGuerraÁngelaVictoria20>

17.pdf

Okoroigwe, E. C, Ibeto, C. N. and Ezema, C. G (2014). Estudio experimental de digestión anaeróbica de excrementos caninos. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Energético, Universidad de Nigeria, Nsukka, Estado de Enugu, Nigeria. DOI: 10.5897/SRE2013.5705

Uribe, G., & Aristizabal, A. (2022). “Proyecto: Implementación de Ecozonas, territorio de vida en las zonas del municipio de Envigado.” Tomado de: Secretaría de Medio Ambiente, Alcaldía de Envigado.

Sepúlveda, L., & Alvarado, J. (2013). “Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá”. Tomado de: Área Metropolitana.

Proyecto: Diseño e implementación de ECOZONAS, territorios resilientes al cambio climático en el municipio de Envigado. (2021). Colombia. Tomado de: Secretaría de Medio Ambiente, Alcaldía de Envigado.

Rivera, A.V., & Castañeda, A. (2017). “Propuesta para la disposición final de las heces caninas en la Fundación Huellas Perros al Servicio, ubicada en el municipio de Tabio, Cundinamarca. Universidad Distrital Francisco José de Caldas”. URI: <http://hdl.handle.net/11349/6662>.

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. y de la Universidad Nacional de Colombia. (Julio 2021). “Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura.” Recuperado de https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf.