



Departamento de Posgrados

Maestría en Gestión Ambiental

Utilización de carbón de acícula de *Pinus patula* Schelecht., y arcillas adsorbentes para el manejo de residuales orgánicos provenientes de camales

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

Magister en Gestión Ambiental

Autores:

Dr. Juan Rodrigo Calderón Machuca

Dr. René Benjamín Zúñiga Peralta

Director:

PhD. Gustavo Chacón V.

Cuenca, Ecuador

2017

DEDICATORIA

A nuestras familias por su comprensión y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro reconocimiento al Dr. Gustavo Chacón Vintimilla por su valioso apoyo en la dirección de esta investigación. A nuestros estimados compañeros de la Universidad del Azuay por su invaluable colaboración.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 MATERIALES Y MÉTODOS	8
1.1 Obtención de biocarbón a partir de acícula de pino.....	8
1.2 Características del suelo arcilloso utilizado en la investigación	9
1.3 Preparación del experimento y diseño experimental	9
1.4 Monitoreo del experimento y variables	11
CAPÍTULO 2 RESULTADOS	13
2.1 Intensidad de olor	13
2.2 Comportamiento térmico del proceso de descomposición por tratamiento	16
2.3 Propiedades químicas de los residuales post-experimento	19
CAPÍTULO 3 DISCUSIÓN	21
CONCLUSIONES	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
ANEXOS	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de la intensidad de olor entre los tratamientos M1T1 y M1T2.	13
Figura 2. Comparación de la Intensidad de olores entre los tratamientos M2T1 y M2T2.	14
Figura 3. Comparación de la Intensidad de olor entre los tratamientos M3T1 y M3T2.	15
Figura 4. Medias de las intensidades de olor según dos tratamientos y tres tipos de residuales de camal.	16
Figura 5. Comportamiento térmico de la muestra M1 en los tratamientos M1T1 y M1T2.	17
Figura 6. Comportamiento térmico de la muestra M2 en los tratamientos M2T1 y M2T2.	18
Figura 7. Comportamiento térmico de la muestra M3 en los tratamientos M3T1 y M3T2.	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diseño experimental que muestra la disposición de los tratamientos (biocarbón + suelo arcilloso y suelo arcilloso solo) por tipo de muestra (tipo de residual) con tres repeticiones.	11
Tabla 2. Comparación de las temperaturas registradas por tratamiento	17
Tabla 3. Comparación de propiedades químicas de los residuales estudiados por tratamiento, después del experimento. Los valores medios de referencia fueron tomados de INIAP (2017)	20

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Tabla de registro de olores e intensidad por tratamiento, repetición y tiempo.	28
Anexo 2. Tabla de registro de temperatura por repetición, tratamiento y tiempo.	29
Anexo 3. Tipificación del suelo según el análisis de laboratorio.	30
Anexo 4. Propiedades químicas de los residuales por tratamiento después del experimento. Resultados del análisis de laboratorio.	31
Anexo 5. Concentración de nitrógeno total en muestras de residuales por tratamiento después del experimento.	33

Utilización de carbón de acícula de *Pinus patula* Schelecht., y arcillas adsorbentes para el manejo de residuales orgánicos provenientes de camales

Resumen

En el Ecuador, los camales subestiman el tratamiento de residuales orgánicos produciendo malos olores. Así, este estudio buscó alternativas para los residuales del camal de Cuenca, EMURPLAG. Mediante un diseño de bloques (dos tratamientos y tres repeticiones), suelo arcilloso (SA) y biocarbón combinado con SA (BSA) fueron aplicados a contenido ruminal y coágulos. El BSA fue el tratamiento más efectivo adsorbiendo el 100% de olores de ruminales y 75% de olores de coágulos; SA no adsorbió olores. Estos resultados sugieren que el BSA es una opción viable y barata para controlar olores y mejorar la gestión de residuos en camales.

Palabras clave: biocarbón, radio C/N, fermentación, gases de amonio, carnazas

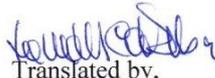
Use of *Pinus patula* Schlecht needle carbon and adsorbent clays for the management of organic residues from slaughterhouses

ABSTRACT

In Ecuador, slaughterhouses do not take into consideration the treatment of organic residues, and in consequence, bad odors are produced. Therefore, this study searched for alternatives to decrease bad odors from waste generated at *EMURPLAG* (Slaughterhouse and Livestock Markets) Public Municipal Company of Cuenca. Clay soil (CS) and bio-carbon combined with CS (BCS) were applied to ruminal contents and clots by means of a block design (two treatments and three replicates). BCS was the most effective treatment, adsorbing 100% of ruminal odor and 75% of clotting odors; however, CS did not adsorb odors. These results suggested that BCS is a feasible and inexpensive option for controlling odors and improving waste management in slaughterhouses.

Keywords: bio-carbon, C/N ratio, fermentation, ammonium gases, animal flesh


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

Calderón Machuca Juan Rodrigo

Zúñiga Peralta René Benjamín

Trabajo de Graduación

Chacón Vintimilla Gustavo Javier, Ph.D.

Julio, 2017

**UTILIZACIÓN DE CARBÓN DE ACÍCULA DE *Pinus patula* Schelecht., Y
ARCILLAS ADSORBENTES PARA EL MANEJO DE RESIDUALES
ORGÁNICOS PROVENIENTES DE CAMALES**

INTRODUCCIÓN

Los servicios de faenamiento de ganado y tratamiento de subproductos y desechos generados constituyen una verdadera problemática ambiental mundial dados los grandes volúmenes de residuales orgánicos que se producen, su rápida descomposición, tiempos prolongados de permanencia y almacenamiento en espacios inadecuados e inadecuada disposición final (Uicab, 2003).

La ciudad de Cuenca, a través de la Empresa Pública Municipal de Servicios de Rastro y Plaza de Ganado, EMURPLAG EP, presta servicios de faenamiento de ganado y tratamiento de subproductos y desechos generados, afrontando el reto de alinearse a la normativa ambiental que le permita coexistir con la población que ha construido espacios habitacionales adjuntos a sus instalaciones y que presiona por su reubicación aduciendo que los olores emitidos por los desechos atentan contra el derecho de la población de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (Asamblea Constituyente, 2008). La EMURPLAG ha buscado solución mediante la adquisición de terrenos para la construcción de un nuevo camal municipal; no obstante, la oposición ciudadana no admite la presencia de la

empresa en otros espacios, situación que la obliga a mantenerse en las actuales instalaciones, y buscar alternativas de mitigación.

Según el Informe de rendición de cuentas correspondiente al año 2014 (EMURPLAG, 2014), el Camal Municipal ha faenado 60.517 bovinos y 33.935 porcinos, generando aproximadamente 2420 t de materia orgánica ruminal, 1200 t de sangre de las que unas 28 t se evacuan a las aguas de lavado. De la materia orgánica ruminal, se procesa un 12% en la elaboración de compost (290,4 t/año), aplicando paquetes bacterianos y dosificación de zeolitas adsorbentes; y, el resto de materia orgánica, pasa a una fosa de retención de capacidad de 768 m³ que se satura en 60 días laborables para luego ser evacuada al relleno sanitario. Si bien la retención de los desechos evita la descarga directa a los efluentes, su permanencia en la fosa es responsable de la emisión de olores putrefactos. La emisión de malos olores podría eventualmente ser controlada mediante el uso de tecnologías y alternativas que comienzan desde el tratamiento adecuado de los residuales orgánicos. Sin embargo, en el Ecuador, la situación de los camales y su gestión integral está supeditada a varios factores influyentes de tipo político y económico, y los planes de gestión de residuos, si es que existen, no son aplicados de forma completa. De esta forma, las alternativas que se propongan deben ser baratas y efectivas. Para controlar la emisión de malos olores se podría utilizar materiales adsorbentes y absorbentes de origen biológico y mineral que, además, se encuentren disponibles en la región. Por tanto, en este trabajo se plantea la utilización de biocarbón y arcillas en los residuales del camal según la información que continua.

- Los biocarbones:

El biocarbón, según la International Biochar Initiative, está definido como “un material sólido obtenido de una conversión termoquímica de biomasa en un ambiente limitado de oxígeno (Escalante, 2016); ha sido empleado farmacéuticamente como adsorbente de gases estomacales o intestinales producidos por fermentaciones (Remington,1953, Lavado, 2010, Pedrozo, 2011); esta propiedad puede ser potenciada al ser tratado con vapor de

agua, aire, soluciones de ácido sulfúrico, ácido fosfórico, cloruro de cinc, o mezclas, a temperaturas entre 500 y 900 °C, lográndose un proceso de activación (Gennaro, 2003). El biocarbón se aplica también en propuestas de remediación de suelos; es un producto factible de ser obtenido a partir de subproductos agroforestales o residuos orgánicos urbanos para no comprometer reservas forestales o bosques nativos y, su aplicación al suelo, sustenta una nueva tecnología alrededor del mundo (Lehmann, 2011). El biocarbón está constituido por partículas de diferentes tamaños que dependen de la materia prima de la que se originan (Lehmann, 2007, Pedrozo, 2011); posee una alta porosidad con micro, meso y macro poros, cuyos tamaños van de <2 nm, 2-50 nm a >50 nm, respectivamente. Los macroporos provienen de los espacios propios de la materia prima original y, los micro poros, están asociados a la adsorción de compuestos líquidos, sólidos y gases (Escalante, 2016).

Según Radicke (1993), Restrepo (1996) y Henreaux (2012), la adición de carbón al proceso de compostaje mejora las características físicas del compost permitiendo una mejor aireación, absorción de humedad y calor (energía). El alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y micro biológica del suelo y retiene compuestos nitrogenados amoniacales producto de la descomposición de la materia orgánica (Escalante, 2016). El biocarbón puede ser elaborado a partir de aserrines, bagazos de caña, residuos de encinos, pinos y otros (Escalante, 2016). Los métodos de obtención son regulados de acuerdo a la naturaleza de la materia prima, caso contrario, por la oxigenación, se transforman en cenizas. La carbonización puede ser lenta o rápida y, su fuente calorífica, propia o independiente (Escalante, 2016).

Se ha sugerido ya que las acículas que se depositan en el suelo de las plantaciones exóticas de *Pinus patula* en el paisaje andino del austro ecuatoriano podrían bien ser usadas para la obtención de biochar debido a su combustión relativamente fácil, de fácil obtención, con contenidos de bases catiónicas y N altas. Por tanto, las acículas de pino no solamente ayudarían al proceso de control de malos olores sino se crearía también una

alternativa de uso de estas plantaciones que, al momento, no están siendo manejadas (Chacón *et al.*, 2015, 2016).

- Suelos arcillosos:

En un suelo arcilloso predomina la arcilla sobre otras partículas de otros tamaños y se aplica a un material natural, terroso, de grano fino y que muestra plasticidad cuando es mezclado con una cierta proporción de agua. Su composición química está caracterizada por la presencia de Si, Al y H₂O, junto a cantidades variables de Mg, Mn, Fe, Ca, Na y K (Rhodes, 1990, Porta, 2014). La estructura interna y composición química de cada mineral de arcilla le confiere unas características muy específicas de reactividad química. La mayor parte de sus propiedades físico químicas derivan de su morfología laminar, tamaño de partícula inferior a dos micras; y, a las sustituciones isomorfas en las láminas que dan lugar a la aparición de carga (Beltrán, 2009, Thompson, 2002). Otra propiedad de las arcillas es conocida como la capacidad de intercambio catiónico, que le permite cambiar los iones fijados en la superficie exterior de sus cristales, en los espacios interlaminares, o en otros espacios de las estructuras por otros existentes en las soluciones acuosas (Beltrán, 2009). La capacidad de absorción está directamente relacionada con las características texturales (superficie específica y porosidad) y se puede hablar de dos procesos que difícilmente se dan de forma aislada: absorción (cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad) y adsorción (cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato (Beltrán, 2009).

Se reporta que el suelo con arcillas puede ser adicionado hasta en una tercera parte del volumen total del compost dándole una mayor homogeneidad física, mejorando la distribución de la humedad, reteniendo, filtrando y liberando gradualmente los nutrientes (FAO-PESA, 2007). Por esta razón este trabajo seleccionó el uso de suelos arcillosos para evaluar su propiedad adsorbente de olores aplicada a residuales orgánicos.

- El compostaje:

Se define como la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas, que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (FAO-PESA, 2007). Se le puede interpretar también como la suma de procesos metabólicos complejos realizados por diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) para producir su propia biomasa. Adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost (Román, 2013). Los productos finales deseados son aquellos obtenidos bajo condiciones aerobias predominantes y en el menor tiempo posible. La producción de compost depende de la actividad enzimática de los microorganismos en los residuos, al igual que de la fauna edáfica que puede interactuar (Uicab, 2003).

Para el compostaje u obtención de abonos orgánicos fermentados, se puede recurrir como fuente de N a diferentes tipos de estiércol que pueden provenir de aves, porcinos, vacunos, murciélagos u otros que paralelamente aportan P al sistema. De igual manera, los desechos como sangre y vísceras suman grandes cantidades de N que pueden satisfacer las necesidades de los microorganismos responsables de la transformación de la materia orgánica (Radicke, 1993).

En la formulación de un proceso de compostaje la relación C/N es muy importante. Buscando satisfacer las necesidades de los microorganismos responsables de la transformación de la materia orgánica, se recomienda mantener en el sustrato una relación C/N entre 25- 35/1, esta relación va bajando hasta valores 10-15/1 cuando el material ya está listo para ser usado. Cuando la relación C/N es mayor a 40, los microorganismos demoran mucho en descomponer los residuos por carecer de nitrógeno, disminuyendo el rendimiento del compostaje. Si la relación C/N es baja, se producen pérdidas de N en forma amoniacal (APROLAB, 2007; Román, 2013).

La adición de suelo al proceso de compostaje garantiza el aporte de hongos, bacterias y otros microorganismos beneficiosos que aceleran el proceso; de igual manera, las partículas del suelo pueden adsorber iones en su superficie e intercambiar con la solución del suelo, propiedad ligada a los coloides generados por las arcillas, moléculas húmicas y los oxihidróxilos de hierro y aluminio (Román, 2013).

- El contenido ruminal:

Comprende el alimento no digerido, ingerido por los poligástricos que poseen una gran flora y fauna microbiana y productos de fermentación ruminal; forma parte de la carga orgánica generada por la industria cárnica y en especial de mataderos. Constituye un recurso proteínico para la alimentación animal y una importante fuente para la producción de abonos (Uicab, 2003). Dentro de esta carga orgánica, el contenido ruminal en el caso de los bovinos oscila entre 30 y 60 kg, que representa aproximadamente el 10 % del peso del animal (UNAM, 2001).

Este estudio pretende entonces buscar alternativas baratas y de fácil aplicación para eliminar los olores putrefactos generados por la descomposición de la materia orgánica acumulada en las instalaciones del camal municipal de la Ciudad de Cuenca, para mejorar su capacidad de gestión de residuos, sin tener que recurrir a procesos tecnológicos especializados y costosos. Dado que se trata de un proceso que debe incluir algunas variables vinculadas con la fermentación y la descomposición de materiales orgánicos, se establecerá un experimento de compostaje con diferentes tipos de material de camal, al que se añadirá tanto el biocarbón de acícula de pino como suelo arcilloso de la región (descrito anteriormente) para contestar a las siguientes preguntas de trabajo:

1. ¿Cómo varía la propiedad de adsorción de malos olores entre suelo arcilloso y biocarbón de pino combinado con suelo arcilloso para el manejo de distintos tipos de residuales orgánicos de camal? Y,

2. ¿Cómo varía la disminución de olores entre residuales ruminales frescos, ruminales de fosa, coágulos y carnazas de camal bajo tratamientos de adición de suelo arcilloso y biocarbón de pino combinado con suelo arcilloso?

- Objetivo General:

Proponer alternativas de fácil consecución y aplicación para el control de malos olores en diferentes tipos de residuales orgánicos de camales.

- Objetivos específicos:

1. Valorar la capacidad adsorbente de malos olores del biocarbón de acícula de pino y el suelo arcilloso.
2. Valorar el aumento o disminución de olores en diferentes tipos de material residual orgánico de camal.

CAPÍTULO 1

MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 Obtención de biocarbón a partir de acícula de pino

El biocarbón fue producido a partir de acículas depositadas en el suelo de la plantación de *Pinus patula* localizada en la hacienda El Gullán, Universidad del Azuay (17M703133, 57 m; E9630872, 30 m S). La plantación cubre una extensión de 40 ha y tiene aproximadamente 35 años de edad.

El biocarbón de pino fue estudiado en proyectos anteriores realizados con la Universidad del Azuay desde el año 2015. Los resultados de estos proyectos y el material obtenido fueron utilizados para el objetivo de este proyecto. De manera general, el biocarbón de pino se obtuvo de la siguiente manera:

El manto de acícula sobre el suelo de la plantación fue levantado de 20 parcelas de 8 m x 8 m hasta el nivel del suelo. El grosor del manto varió entre 40 y 60 cm. El peso promedio de acícula fue de 112,8 t frescas/ha y 44,0 t secas/ha. La acícula superficial casi inalterada constituyó el 13,7 % del peso total de la acícula depositada y su densidad fue de 0,1 g/cm³. La humedad se estimó en un promedio de 66,2 %. El pH fue de 4,9 para la acícula superficial y de 4 para la acícula profunda.

Se construyó un horno conformado de dos cilindros concéntricos, uno externo de 165 cm de diámetro y 3 m de altura, y uno interno de 50 cm de diámetro. Posee una puerta lateral para la alimentación continua de la acícula que es colocada sobre una parrilla interna inclinada, permitiendo la acumulación del material y la caída del biocarbón a través del cilindro interno acodado hacia el exterior. El ducto inferior presenta una parrilla que sirve para colocar la fuente calorífica y recibir el biocarbón internamente. El cilindro interno va revestido con material refractario para mantener la temperatura interna y aislarlo del medio externo. El CO₂ que produce la carbonización es eliminado por una chimenea de 2,40 m de alto por 30 cm

de diámetro. El rendimiento de la carbonización fue de 16,2 % para la acícula húmeda y de 32,7 para la acícula seca. El biocarbón obtenido presentó un pH de 7,6; la ceniza, de 9,3.

1.2 Características del suelo arcilloso utilizado en la investigación

Se recolectó suelo arcilloso en la zona baja de la cuenca del río Rircay (17M699187, 58; E9633843, 62). Es un suelo con humedad natural de (ASTM D2216) del 13,3% y un límite líquido (ASTM D4318) de 77,5; el límite plástico (ASTM D4318) fue de 31 e índice plástico de 46,55; que lo clasifican como SUCS CH - suelo arcilloso.

Tiene un pH de 8,3, medianamente alcalino, y un intercambio catiónico Ca/Mg de 4,30 cmol/kg; Mg/K, de 19.67 cmol/kg; y (Ca+Mg)/K, de 104,25 cmol/kg.

Para el experimento, este suelo fue adicionado a los tratamientos después de ser secado al ambiente, triturado y tamizado en una malla de 5 mm (anexos 3 y 4).

1.3 Preparación del experimento y diseño experimental

Los materiales residuales del camal de Cuenca, el biocarbón de pino y el suelo arcilloso fueron transportados al laboratorio de la Escuela de Minas de la Universidad del Azuay. Los materiales del camal fueron tomados al azar de los sitios de disposición al interior de las instalaciones del camal y seleccionados en ruminal fresco (M1), coágulos y carnazas (M2) y ruminal de la fosa de retención del camal (M3). Previamente, en las instalaciones del camal se identificó los lugares de descarga y de acumulación de residuales a ser tratados como el área de vaciado del contenido ruminal, trampillas de retención de sólidos de los canales de conducción de aguas de lavado de viseras y la fosa de retención de sólidos. En estas áreas se colectó las muestras manteniendo protocolos de seguridad. Las muestras fueron pesadas en fresco y trasladadas al lugar de experimentación (ver más abajo). A estos residuales (M 1, 2 y 3) se añadieron biocarbón de acícula de pino

combinado con suelo arcilloso (T1) y suelo arcilloso únicamente (T2) por separado a cada tipo. Se usaron tres repeticiones por cada tipo de residuo, dando un total de dos tratamientos por tres tipos de residual y 18 casos como se muestra en la Tabla 1.

Tanto los tipos de residuales como los tratamientos fueron puestos en contenedores plásticos de 60 L con tapa. En cada uno se depositó 5 kg de muestra de cada tipo de residuos según el tratamiento, se adicionó 5 kg de biocarbón y 5 kg de suelo arcilloso para los tratamientos T₁ y, para los tratamientos T₂, sin biocarbón, se duplicó la cantidad de suelo arcilloso (10 kg). A cada unidad experimental se adicionó 100 g de azúcar disuelta en 1 L de leche y 5 L de agua para inducir fermentación. Para mezclar los componentes y homogenizar la muestra se hizo rodar cada tanque en un tiempo definido y suficiente.

Para formular el proceso de compostaje se consideró la relación C/N (Román, 2013). Para satisfacer las necesidades de los microorganismos responsables de la transformación de la materia orgánica, se recomienda mantener en el sustrato una relación C/N entre 25- 35/1, esta relación va bajando hasta relaciones 10-15/1 cuando el material ya está listo para ser usado. Cuando la relación C/N es mayor a 40, los microorganismos demoran mucho en descomponer los residuos por carecer de nitrógeno, disminuyendo el rendimiento del compostaje. Si la relación C/N es baja, se producen pérdidas de N en forma amoniacal debido a elevaciones considerables de temperatura (APROLAB, 2007).

Tabla 1. Diseño experimental que muestra la disposición de los tratamientos (biocarbón + suelo arcilloso y suelo arcilloso solo) por tipo de muestra (tipo de residual) con tres repeticiones.

	Contenido ruminal fresco		Carnazas y coágulos		Contenido de ruminal de la fosa	
	Arcilla y carbónT ₁ M ₁ T ₁ R ₁	Arcilla sin carbónT ₂ M ₁ T ₂ R ₁	Arcilla y carbónT ₁ M ₂ T ₁ R ₁	Arcilla sin carbónT ₂ M ₂ T ₂ R ₁	Arcilla y carbónT ₁ M ₃ T ₁ R ₁	Arcilla sin carbónT ₂ M ₃ T ₂ R ₁
Repetición 1	Arcilla y carbónT ₁ M ₁ T ₁ R ₁	Arcilla sin carbónT ₂ M ₁ T ₂ R ₁	Arcilla y carbónT ₁ M ₂ T ₁ R ₁	Arcilla sin carbónT ₂ M ₂ T ₂ R ₁	Arcilla y carbónT ₁ M ₃ T ₁ R ₁	Arcilla sin carbónT ₂ M ₃ T ₂ R ₁
Repetición 2	Arcilla y carbónT ₁ M ₁ T ₁ R ₂	Arcilla sin carbónT ₂ M ₁ T ₂ R ₂	Arcilla y carbónT ₁ M ₂ T ₁ R ₂	Arcilla sin carbónT ₂ M ₂ T ₂ R ₂	Arcilla y carbónT ₁ M ₃ T ₁ R ₂	Arcilla sin carbónT ₂ M ₃ T ₂ R ₂
Repetición 3	Arcilla y carbónT ₁ M ₁ T ₁ R ₃	Arcilla sin carbónT ₂ M ₁ T ₂ R ₃	Arcilla y carbónT ₁ M ₂ T ₁ R ₃	Arcilla sin carbónT ₂ M ₂ T ₂ R ₃	Arcilla y carbónT ₁ M ₃ T ₁ R ₃	Arcilla sin carbónT ₂ M ₃ T ₂ R ₃

1.4 Monitoreo del experimento y variables

Las variables consideradas para esta investigación fueron la emisión de olores y la temperatura. Por las características de las variables en estudio y la dificultad del manejo de las muestras y malos olores, el tratamiento de los datos fue realizado de manera descriptiva y no fue posible aplicar pruebas de significación estadística.

La respuesta humana al olor es muy variable por razones desconocidas atribuida a factores psicológicos. Las moléculas gaseosas y vapores en contacto con las fibras olfativas de la cavidad nasal crean las sensaciones olorosas (Álvarez, 2001). De los gases inorgánicos resultantes de la actividad biológica, solo el hidruro de azufre (H₂S) y el amoníaco (NH₃) tienen mal olor. La descomposición anaeróbica genera mercaptanos, índoles, skatoles y varios nitruros y sulfuros. Otros compuestos como ácidos orgánicos, aldehídos y cetonas pueden resultar significativos, tanto en forma individual como en combinación (Álvarez, 2001). Así, la emisión de olores fue evaluada cualitativamente en cada muestra y estableciendo rangos de intensidad valorada de la siguiente forma:

- 1: Ausencia de olor;
- 2: Ligero olor putrefacto o ligero olor amoniacal;
- 3: Alto nivel de olor putrefacto; y,
- 4: Olor máximo no tolerable.

La valoración fue realizada mediante un panel de “olfateadores” (Álvarez, 2001) con el apoyo de cinco personas, cercanas al lugar de ensayo, cada grupo integrado por docentes, estudiantes y trabajadores, capaces de distinguir intensidades de olor previo un análisis entre el máximo, el mínimo e intermedios. El criterio mayoritario determinó el resultado emitido y registrado (Anexo1).

La temperatura fue medida y registrada diariamente en cada unidad experimental durante 60 días, en un mismo horario de 16h00 a 17h00 (anexo 2). El control de la temperatura en un proceso de compostaje permite establecer ascensos y descensos térmicos que determina la actividad metabólica (Uicab –Brito 2003).

Cada unidad experimental fue sometida a análisis de laboratorio para determinar N total, N proteico, pH, materia orgánica, P, K, Ca, Mg y la relación C/N (Anexo 4) según los protocolos estandarizados de laboratorio. Estos análisis no fueron realizados en el tratamiento T₂ debido a la imposibilidad de trabajar en condiciones de un muy alto olor putrefacto y al alto riesgo de contaminación en el laboratorio.

CAPÍTULO 2

RESULTADOS

2.1 Intensidad de olor

Para M₁T₁, el ensayo inició en el nivel de olor 2. En el segundo día bajó al nivel 1 en el cual se mantuvo hasta el día siete. A partir del ocho, regresó al nivel dos. En el día nueve regresó a nivel uno y se mantuvo hasta el final del experimento (Figura 1). M₁T₂ presentó un nivel de olor inicial de 4 que se mantuvo hasta el segundo día; a partir del tercer día, el olor disminuyó al nivel tres y se mantuvo hasta el día siete; descendió al nivel dos los días ocho y nueve; del día diez al catorce descendió al nivel uno; los días quince y dieciséis, al nivel dos hasta el día veinte para nuevamente subir al nivel tres hasta el fin del experimento (Figura 1).

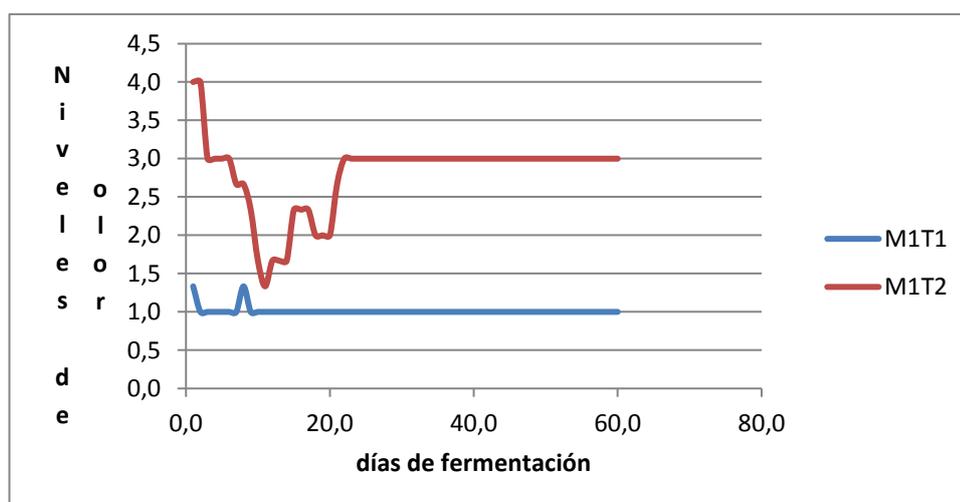


Figura 1. Comparación de la intensidad de olor entre los tratamientos M1T1 y M1T2.

M₂T₁ inició el proceso sin olor (nivel uno), se mantuvo en este nivel por ocho días y, al noveno día, subió la intensidad al tercer nivel de olor; al día diez bajó al nivel 2 por cinco días; al día quince bajó a nivel uno; al día dieciséis subió al nivel dos y al día diecisiete bajó a nivel uno hasta el día veinte y cuatro. Desde aquí, se detectó emanación de amonio en intensidad dos hasta el final del experimento (Figura 2).

M₂T₂ inició el proceso de fermentación con olor en el nivel 2 y se mantuvo por dos días; luego subió al tercer nivel y se mantuvo hasta el día trece; y, a partir del día 14, tuvo un nuevo ascenso ubicándose en el nivel cuatro hasta el día 16; al día 17 descendió al nivel 3 hasta el día 20; al día 21 ascendió a nivel 4 y se mantuvo hasta el final del experimento (Figura 2).

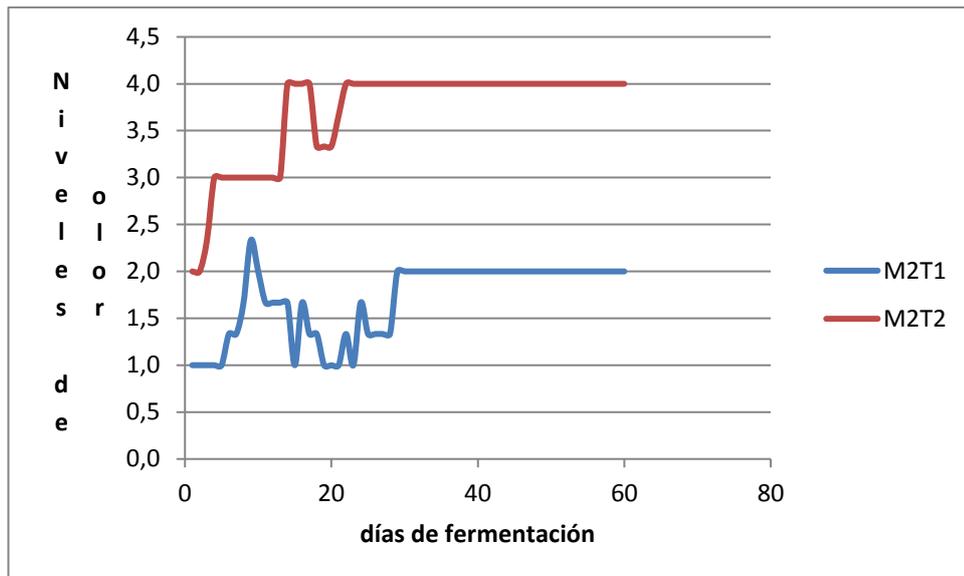


Figura 2. Comparación de la Intensidad de olores entre los tratamientos M2T1 y M2T2.

M₃T₁ inició el proceso en nivel 2 y se mantuvo durante tres días; luego descendió a nivel 1 y permaneció el resto del experimento en este nivel (Figura 3).

M₃T₂ inició el proceso en nivel tres y se mantuvo por dos días; al tercer día subió al nivel 4 de olor, y el cuarto día descendió a nivel tres, manteniéndose hasta el día catorce; el día quince bajó el olor a nivel 2 y, el dieciséis, ascendió a nivel 3 hasta el día veinte; al día veintiuno subió a nivel 4 y se mantuvo hasta el fin del experimento (Figura 3).

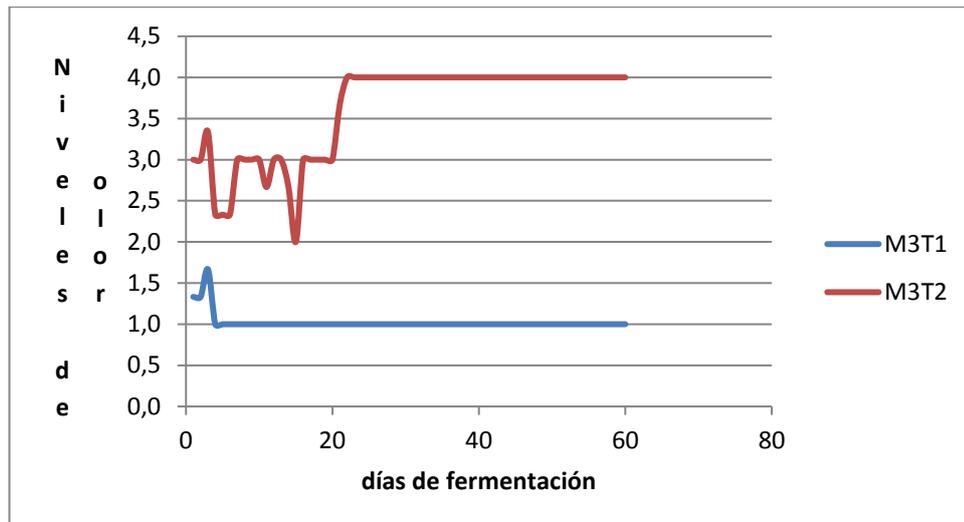


Figura 3. Comparación de la Intensidad de olor entre los tratamientos M3T1 y M3T2.

Los diferentes niveles de olor respondieron a la siguiente clasificación mediante la asignación de un color:

- Nivel 1 (sin olor) color verde;
- Nivel 2 (olor ligero) color amarillo;
- Nivel 2 (olor ligero amoniacal) color celeste;
- Nivel 3 (olor intenso) color ocre; y,
- Nivel 4 (olor intolerable) color rojo.

Con esta clasificación se calculó las medias de olor y se produjo la Figura 4 que permite observar un patrón interesante. Aquí, el tratamiento que mejor controló los malos olores es el correspondiente a biocarbón de pino más suelo arcilloso; mientras que el tipo de residual de camal que mejor fue controlado por el biocarbón más el suelo, según los olores emanados, fue el comprendido por ruminales, independientemente de que fuera fresco o proveniente de fosa. Si bien la acción del biocarbón más suelo arcilloso fue también efectivo en las muestras con residuales de coágulos y carnazas, el olor se controló en un 25 % menos que aquel de los ruminales con el mismo tratamiento. Sin embargo, el suelo arcilloso solo no controló o, muy poco, el olor de los tres tipos de residuos.

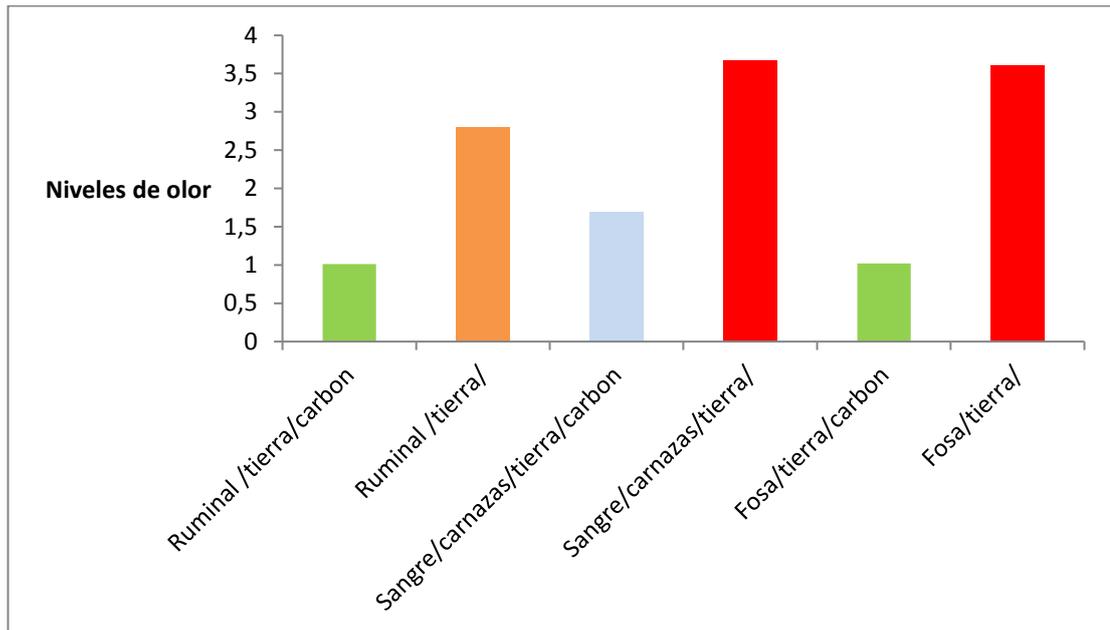


Figura 4. Medias de las intensidades de olor según dos tratamientos y tres tipos de residuales de camal.

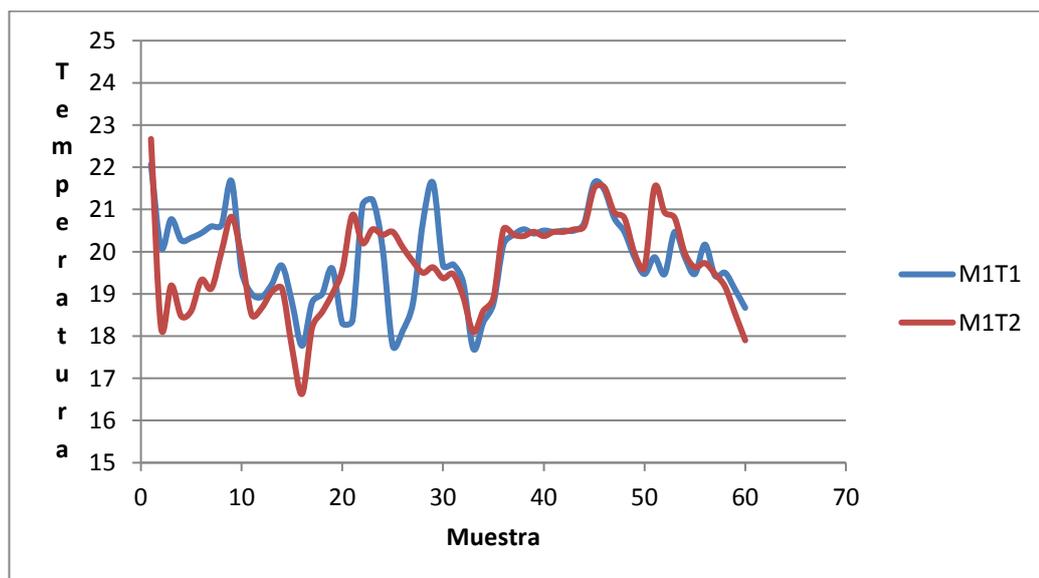
2.2 Comportamiento térmico del proceso de descomposición por tratamiento

La temperatura máxima registrada entre los diferentes tratamientos fue de 27,8 °C que corresponde al tratamiento M_2T_1 ; y, la mínima registrada, fue de 15,8 °C que corresponde al tratamiento M_1T_2 . De igual manera se determinó la temperatura máxima, la mínima y el promedio de cada tratamiento (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de las temperaturas registradas por tratamiento

Tratamiento	Máxima °C	Mínima °C	Promedio °C
M1T1	22,5	17,0	19,8
M1T2	22,9	15,8	19,7
M2T1	27,8	17,6	20,8
M2T2	24,2	16,0	20,0
M3T1	25,4	16,6	20,5
M3T2	24,8	16,2	20,4

Las temperaturas registradas por la muestra M₁ (contenido ruminal) en el tratamiento M₁T₁ (contenido ruminal, más suelo arcilloso y biocarbón) y el tratamiento M₁T₂ (contenido ruminal más suelo arcillosos), registró una temperatura promedio de 19,8 °C y 19,7 °C respectivamente; la variación es de 0,14 °C entre las temperaturas promedio (Figura 5).

**Figura 5.** Comportamiento térmico de la muestra M1 en los tratamientos M1T1 y M1T2.

La muestra M₂ (coágulos y carnazas), en el tratamiento M₂T₁ (suelo arcilloso y biocarbón), y en el tratamiento M₂T₂ (coágulos y carnazas más suelo arcilloso) registró temperaturas promedio de 20,8 °C y 20,0 °C respectivamente, con un rango de variación de 0,8 °C (Figura 6).

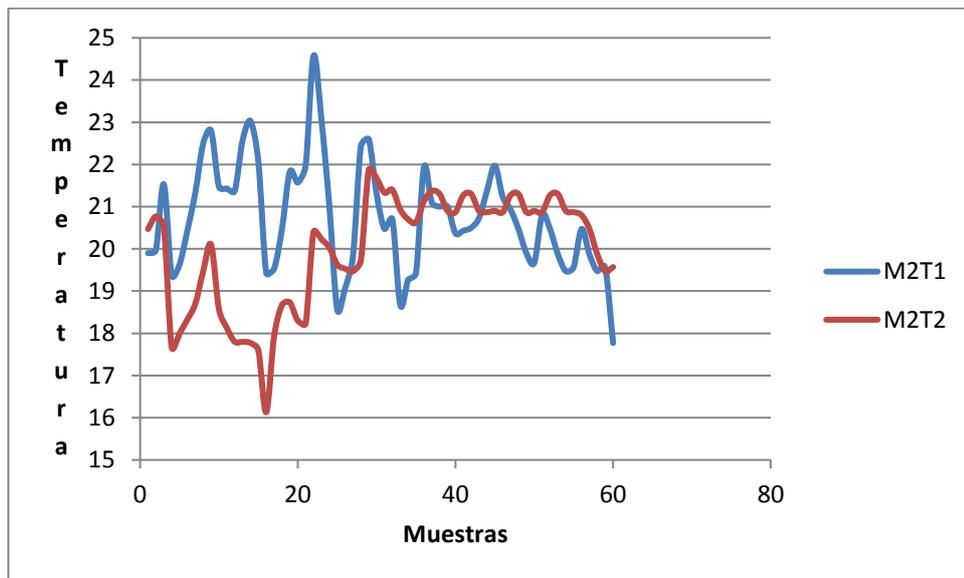


Figura 6. Comportamiento térmico de la muestra M₂ en los tratamientos M₂T₁ y M₂T₂

La muestra M₃ (material ruminal de la fosa de retención) tratada con carbón y sin carbón en los tratamientos M₃T₁ y M₃T₂ respectivamente, se enmarcan en temperaturas promedio de 20,5 °C y 20,2 °C respectivamente, con un rango de variación de 0,07 °C (Figura 7).

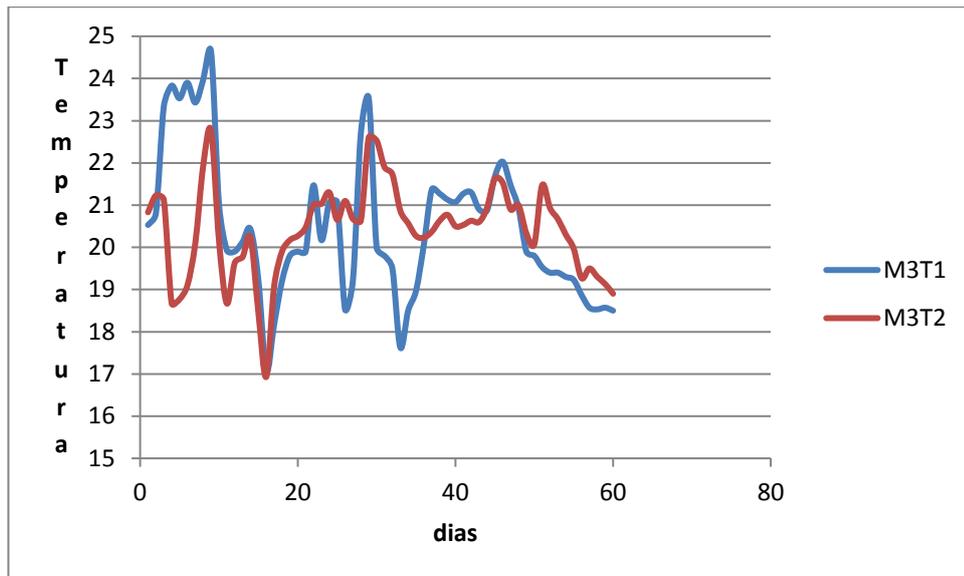


Figura 7. Comportamiento térmico de la muestra M3 en los tratamientos M3T1 y M3T2.

2.3 Propiedades químicas de los residuales post-experimento

En general, los productos resultantes luego del experimento, indican propiedades ligeramente alcalinas. El experimento no mostró entonces indicadores de acidificación en ningún de los tratamientos. Así, todos los elementos analizados (Tabla 3) mostraron concentraciones altas de N, P, cationes, materia orgánica y ratios C/N en comparación con los referentes usados y tomados de Radicke (1993) (ningún referente fue encontrado para el Ecuador, o para estos residuales de camal).

Tabla 3. Comparación de propiedades químicas de los residuales estudiados por tratamiento, después del experimento. Los valores medios de referencia fueron tomados de INIAP (2017)

	M1T1	M2T1	M3T1	Rango	Valor medio de referencia
pH	8,9	8,6	7,7		7
N mg/kg	138,1	858,1	274,7	Alto	20 - 40
P mg/kg	251,8	402,4	112,6	Alto	10 - 20
K cmol/kg	2,3	2,2	0,8	Alto	0,2 - 0,4
Ca cmol/kg	16,8	15,9	18,2	Alto	4 - 8
Mg cmol/kg	3,3	3,0	3,2	Alto	1,1 - 3
MO %	10,3	8,3	10,5	Alto	3,1 - 5
C/N	11,5	3,4	10,8	Alto N	40 / 1

CAPÍTULO 3

DISCUSIÓN

En general, los resultados mostrados por el tratamiento biocarbón de acícula de pino en combinación con suelo arcilloso confirman la factibilidad de eliminar los malos olores emitidos por la descomposición de materia orgánica de residuales de camales. Al contrario, el tratamiento solo con suelo arcilloso mostró no ser efectivo para el control de malos olores. A su vez, los resultados mostraron que el tipo de residual orgánico (el grupo de ruminales frente a las muestras de coágulos y carnazas) juega un papel importante en sobrepasar o no la capacidad adsorbente del tratamiento de biocarbón con suelo arcilloso. Sin embargo, las diferencias específicas de cada tratamiento y según el tiempo de incubación del material en los contenedores plásticos podrían explicarse a través de los contenidos altos en N proteico de las muestras de carnazas y coágulos en comparación con las muestras de ruminales. Así se interpreta la emanación de amonio solo en esas muestras a la mitad del proceso de incubación cuando se mineralizó el N proteico. Al mismo tiempo, la velocidad de la descomposición del N orgánico y la alta disponibilidad de N mineral, probablemente sobrepasaron la capacidad adsorbente del biocarbón más el suelo arcilloso en un estimado del 25 %. En el caso del material ruminal (fresco y proveniente de la fosa) los olores se redujeren en un 100 %, una indicación de que la cantidad de N mineralizado no sobrepasó la capacidad de adsorción del biocarbón más el suelo arcilloso.

En el caso del tratamiento con suelo arcilloso solo, su capacidad de adsorción fue disminuida al 100 %, sea adicionado al grupo de tratamientos con ruminales o al tratamiento con carnazas y coágulos. Esta tendencia se interpreta como una sobresaturación de las macro y micro moléculas de arcilla, sobrepasando su capacidad adsorbente, eliminando, a su vez, las fuentes de O₂ y H₂O (aire y agua en los poros), y pasando a un ambiente de incubación cada vez más anaeróbica. Por tanto, las nuevas condiciones de fermentación emiten olores más intensos debido a generación de productos y subproductos (exudados) diferentes a los que se generarían en

condiciones más aeróbicas (Uicab, 2003). Este patrón explica por qué el tratamiento de suelo arcilloso con residuos de carnazas y coágulos emanó tal intensidad de olor que no fue posible siquiera tomar una muestra, medir la temperatura o realizar los análisis de laboratorio.

Las concentraciones de nutrientes en las distintas formas de residuales fueron, en general, altas; y, las diferencias de estas concentraciones entre ruminales, y carnazas y coágulos, fueron bajas. De una parte, esta tendencia muestra que se cuenta con un material de camal altamente nutritivo si se piensa, por ejemplo, en la utilización de residuales para procesos de compostaje y posterior fertilización orgánica del suelo. De otra parte, estos resultados muestran que, probablemente, las concentraciones de bases y de fósforo (altas en todos los casos) no explican completamente las diferencias en la velocidad de mineralización o fermentación por tratamiento, o en la emanación de olores. En el mismo orden de ideas, el N y el C, su forma y cantidad, y el pH, sí pueden explicar las diferencias entre tratamientos. Los valores calculados del radio C/N fueron de 11,5; 3,4; y, 10,8, correspondientes a los tratamientos M₁T₁, M₂T₁ y M₃T₁ respectivamente. Estos valores indican relación de C baja y un alto contenido de N al final de los 60 días de experimento. Los valores se encuentran ligeramente por debajo del límite para uso agronómico (12 a 15) y susceptibles a pérdidas del excedente de N por estar por debajo de la relación sugerida de C/N como óptima (40) (Uicab 2003). Al mismo tiempo, un pH alcalino induce a la mineralización del N en formas amoniacales que se volatilizan o se pierden a través de otras vías, y prevalecen las formas nitrogenadas que tienen que ver con el NO₃ (Soliva, 2011).

Los registros promedio de temperatura en todos los tratamientos se mantuvieron alrededor de 20,2 °C. Este valor está por debajo del referente para un proceso convencional de compostaje al no alcanzar la fase termófila o de auto desinfección según Soliva (2011). Las variaciones de temperatura que sufrieron los diferentes tratamientos, en presencia o ausencia de carbón, son mínimas, y se sugiere que la temperatura no ejerció un efecto revelador de inhibición de la actividad microbiana en el contexto de este experimento.

CONCLUSIONES

El biocarbón obtenido a partir de acículas de *Pinus patula*, según el proceso descrito en este trabajo, en mezclas controladas con suelo arcilloso, mostró la mejor y más alta capacidad adsorbente para residuales de camal. Los residuales de camal muestran una emanación de olores putrefactos que varía en su intensidad según el tipo de residual y su relación C/N: mientras más baja la relación, se produce más olor y, por tanto, sobrepasa la capacidad de adsorción del biocarbón con suelo arcilloso.

Si la relación C/N y la composición de los residuos de camal son controlados, se puede sugerir la utilización del biocarbón combinado con suelo arcilloso como alternativa viable para adsorber los malos olores generados por la descomposición del contenido ruminal, sangre, carnazas, coágulos, carnazas y otros subproductos del faenamiento de ganado en el Camal Municipal de la Ciudad de Cuenca. Luego del proceso de fermentación, se puede obtener un producto estable (60 días en este estudio) y alto contenido de N que puede ser adicionado directamente al suelo o retroalimentar procesos de compostaje.

Las acículas de pino para elaborar el material adsorbente pueden bien ser aprovechadas de las plantaciones que actualmente existen en la región sin manejo; de tal modo que se genera una alternativa no agresiva de uso de las plantaciones, mientras se tratan los residuos del camal.

En consecuencia, se propone lo siguiente:

Según los datos de producción del camal de Cuenca, correspondientes al año 2014, se faenaron 60.517 bovinos y 33.935 porcinos. Esto genera un aproximado de 2.420 t de materia orgánica. De esta biomasa, el 12% se destinó a la producción de compost (290,4 t/año), con un remanente de 2.130 t que quedó sin tratamiento. Si el porcentaje de humedad de este material es de aproximadamente el 60 % (datos propios), se obtiene 852 t de sólidos que deben procesarse. Si la relación de adición de biocarbón es de 1:1, sería necesario producir 852 t de biocarbón al año, lo que equivale al aporte de 71 t/mes, o 3,5 t/día. Una hectárea de pino, de 30 años de edad, contiene aproximadamente 40 t de acícula y producirían 12 t de carbón, abasteciendo 3,5 días de consumo de carbón. Así, se requiere cosechar la

acícula de 6 ha de plantación/mes para producir potencialmente 213 t de compost/mes.

La provincia del Azuay cuenta con una área aproximada de plantaciones de pino de 10.000 ha, haciendo posible la elaboración de un proyecto de aprovechamiento sostenible de la acícula de pino para el tratamiento del volumen de residuos que maneja el camal de Cuenca y mitigar los impactos ambientales negativos que genera la descomposición de la materia orgánica no procesada y almacenada inadecuadamente.

Finalmente, se propone que los resultados de esta investigación sean incorporados en un plan de gestión de residuos del camal y que se amplíen los estudios y aplicaciones hacia la optimización del proceso para establecer los requerimientos precisos de biocarbón y suelo arcilloso para abaratar costos. Esta investigación constituye un estudio piloto y avanzará hacia la realización de experimentos que muestren la estabilidad y madurez de la materia orgánica obtenida en este tipo de procesos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abenza, D. (2012). *Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en el suelo y planta*. Barcelona: CREA Bella Terra.
- Álvarez, J. (2001). *Biofiltración, una solución económica para el control de olores*. Santiago de Chile: AIDIS - CHILE.
- APROLAB. (2007). *Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces*. Perú: P. de apoyo para la insección L. Profesional.
- Beltran, R. (2009). *Diseño Geotecnico y Estructural de una cimentación*. México: UNAM .
- Chacón, G., Gagnon, D., & Pré, D. (2016). Quinoa biomass production capacity and soil nutrient deficiencies in pastures, tree plantations and native forests in the Andean Highlands of Southern Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 24(2).
- Chacón, G., Gagnon, D., & Pré, D. (2015). Soil agricultural potential in four common Andean land use types in the Highlands of Southern Ecuador as revealed by a corn bioassay. *Agricultural Sciences*, 6(10), 1129-1140.
- Constituyente, A. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Monte Cristi: Asamblea Constituyente.
- EMURPLAG. (2014). *Rendiciones de Cuentas 2014*. Cuenca: Municipalidad de Cuenca.
- Escalante, A., & al, e. (2016). Biocarbón (Biochar) Naturaleza, fabricación y uso en el suelo. *Red de Revistas Científicas de América Latina*, 367-382.
- FAO-PESA. (2007). *Elaboración y uso del Bocharshi*. San Salvador: FAO.
- Gennaro, A. (2003). *Remigton Farmacia*. Madrid: Médica Panamericana S.A.
- Henreaux, J. (2012). Efecto del biocarbón combinado con fertilizantes orgánicos y microorganismos benéficos sobre el desarrollo, productividad y resistencia de las plantas, Turrialba, Costa Rica. 5-15
- Lavado, C. (2010). Adsorción de plomo de efluentes industriales usando carbones activados con H₃PO₄. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 1-3
- Lehmann, J. (2011). Biochar effect effects on soil biota - A review. *Soil Biology/Biochemistry Elsevier*, 1752-1758.
- Martín, J. (1990). *Adsorción física de gases y vapores por carbones*. Alicante: Universidad de Alicante.
- Pedrozo, O. (2011). Carbones activados a partir de bagazo de caña de azúcar y zuro de maíz para la adsorción de cadmio y plomo. *Revista Académica Colombiana de Ciencias Exactas, Física y Naturales*, 1,2.
- Porta, J. (2012). *Edafología, uso y protección de suelos*. España: Mundi-Prensa.
- Radicke, K. (1993). *Preparación de Compost* . Cuenca: s.e.

- Remington, J. (1953). *Farmacia práctica de Remington*. México: Hispano América.
- Resterpo, J. (1996). *Abonos orgánicos fermentados*. Costa Rica: CEDECO CORPORACIÓN.
- Rhodes, D. (1989). *Arcilla y vidriado para el ceramista*. Barcelona: Ceac.
- Román, P. (2013). *Manual del compostaje del agricultor*. Santiago de Chile: FAO.
- Soliva, M. (2011). *Materia orgánica y compostaje, control de la calidad y del proceso*. Barcelona: ICIA.
- Uicab, L. (2003). *Uso de contenidos ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de compost*. México: Universidad Autónoma de Yucatán .
- UNAM. (2001). *Introducción a la digestión ruminal*. México: Universidad Nacional de México.

Anexo 3. Tipificación del suelo según el análisis de laboratorio.

PROYECTO:		ABSCISA:				
SECTOR:		USO:				
MUESTRA: 1		REALIZADO:				
PROFUNDIDAD: 0.50		FECHA:				
ENSAYOS DE CLASIFICACION						
GRANULOMETRÍA (ASTM D422)						
TAMIZ	PESO RETENIDO PARCIAL	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA	% ESPECIFICADO	
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"						
1/2"						
3/8"				100,0		
N°4				(100,0)		
Pasa N°4		500	(100,0)			
N°8						
N°10		9	1,8	98,2		
N°40		18	3,6	96,4		
N°60						
N°100						
N°200		56	11,2	(88,8)		
Pasa N°200		444	(88,8)			
TOTAL MUESTRA	500					
N° TARRO	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
1	—	10,85	10,19	5,21	13,25	
5	—	10,85	10,19	5,21	13,25	13,3
LIMITE LIQUIDO(ASTM D4318)						
N°	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
8	43	22,32	16,06	6,84	67,90	
29	30	18,8	13,71	6,80	73,66	
7	20	18,5	12,60	6,12	85,33	
8	10	18,52	12,7	6,13	88,58	77,5
LIMITE PLASTICO(ASTM D4318)						
N°	N° GOLPES	PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO TARRO	% HUMEDAD	% PROMEDIO
7	—	22,62	18,94	6,84	30,41	
8	—	8,9	8,05	5,24	30,25	
9	—	9	8,05	5,11	32,31	31,0
CUARTEO(PESO)		ANTES	500 gramos			
		DESPUES	56 gramos			
% DE GRAVA	0 %					
% DE ARENA	11 %					
% DE FINOS	89 %					
% TOTAL	100 %					
COLOR:	NEGRO	HUMEDAD NATURAL:	13,25 %			
CLASIFICACION:		LIMITE LIQUIDO:	77,54 %			
SUCS	CH	INDICE PLASTICO:	46,55			
AASTHO	A-7-5	INDICE DE GRUPO:	20,0			

Anexo 4. Propiedades químicas de los residuales por tratamiento después del experimento. Resultados del análisis de laboratorio.



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
km 12 1/2 vía El Descanso - BULLGAY - Guálaceo www@iniap.gob.ec
Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL INFORMANTE				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre :	JUAN CALDERON (JDA)			Nombre :	AZUAY			Fecha Muestreo :	27/12/2016		
Dirección :				Provincia :	HUAYNACAPAC			Fecha Ingreso :	21/02/2017		
Ciudad :	CUENCA			Parroquia :	SECTOR UNIVERSIDAD DEL AZUAY			Fecha Emisión :	17/03/2017		
Teléfono :	N/E			Ubicación :	Sector Universidad del Azuay			Cultivo Actual :	Ninguno		
Técnico :	DR. JUAN CALDERON			Letitud :							

Nº Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm					ppm				mg/100g						
			N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	S Bases	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K			
4728	M2	8.9	138.05 A	251.82A	2.25 A	16.77 A	3.25 A											
4728	M3	8.4	161.42 A	233.38A	1.06 A	17.80 A	3.25 A											
4730	M7	8.6	858.07 A	408.36A	2.20 A	15.92 A	2.97M											
4731	M5	8.6	681.71 A	180.92A	1.97 A	17.37 A	2.83M											
4732	M13	7.7	274.74 A	112.57A	0.78 A	18.23 A	3.20 A											
4732	M14	7.7	227.56 A	168.44A	2.24 A	17.50 A	4.35 A											
4734	M20 (RUMIN)	8.9	194.07 A	201.76A	2.19 A	15.74 A	3.25 A											
4735	M21 (ARCILLA YUN.)	8.9	120.96 A	15.88M	0.24M	23.30 A	4.73 A											
4736	M22 (CARBON)	8.4	174.21 A	208.11A	0.70 A	13.67 A	1.51 M											
4737	M23 (ACICULA)	4.0	448.02 A	76.67A	0.23M	13.35 A	1.52M											

N, P, K, Ca, Mg, S	
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50

Zn, Cu, Fe, Mn, S, Cl	
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50

Boro, Molibdeno, Selenio, Cloruro, Fluoruro	
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50

Responsable Laboratorio

Fecha de Impresión: 14/03/2017 Página 1 de 2

N.E.: No entrega.
 Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
 Km 12 1/2 Via El Descanso - BULLCAY - Guáicoce www@iniap.gob.ec
 Azuay - Ecuador TeleFax: (07) 2171161



INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre : JUAN CALDERON (JDA)				Nombre :				Fecha Muestreo : 27/12/2016			
Dirección :				Provincia : AZUAY				Fecha Ingreso : 21/03/2017			
Ciudad : CUENCA				Parroquia : HUAYNACAPAC				Fecha Emisión : 17/03/2017			
Teléfono : N/E Correo-e : N/E				Ubicación : SECTOR UNIVERSIDAD DEL AZUAY				Cultivo Actual : Ninguno			
Teléfono : DR. JUAN CALDERON				Latitud :				Longitud:			

Nº Laborat	Identificación	Textura (%)			Clase Textural	cm ³ /cm ³		cm ³ (gr/m ³)			mg/100mg		g/kg		pH	EC	S _d	S _t	
		Arena	Limo	Arcilla		C.C.	Sat.	P.M.	A.D.	C.H.	D.A.	AJ+H	AJ	Na					C.E.
4729	M2																		
4729	M3																		
4730	M7																		
4731	M8																		
4732	M13																		
4733	M14																		
4734	M20 (HUMIN)																		
4735	M21 (ARCILLA YUN)																		
4736	M22 (CARBON)																		
4737	M23 (ACICULA)																		

SUELOS			AGUAS			AGROPECUARIO			ANÁLISIS QUÍMICO			ANÁLISIS BIOLÓGICO		
Al = Arcilla	MS = No Salina	E = Duro	C.C. = Capacidad de Campo	SAL = Salinidad	S _d = Sulfatos	C.H. = Carbono Humico	M.O. = Materia Orgánica	M.S. = Materia Sólida	CE = Conductividad Eléctrica	Ag ₁ = Agua Disponible	S _t = Saturación	Ag ₂ = Agua Disponible	S _d = Saturación	S _t = Saturación
LT = Ligeros Textos	LS = Lij. Salina	M = Medio	P.M. = Punto de Marchitez	P.A. = Punto de Marchitez	A.D. = Agua Disponible	D.A. = Capacidad Aniónica	D.A. = Demanda Biológica	D.A. = Demanda Química	Ag ₁ = Agua Disponible	Ag ₂ = Agua Disponible	AJ = Act. Microbiológica	AJ = Act. Microbiológica	AJ = Act. Microbiológica	AJ = Act. Microbiológica
T = Textos	S = Salina	A = Alta	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico	C.H. = Carbono Humico			

Responsible Laboratorio

NE: No Encarga

Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, los datos deberán ser apropiadamente citados.



ESTACION EXPERIMENTAL DEL AUSTRO
LABORATORIO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
Laboratorio

Fecha de Impresión: 14/03/2017

Página 2 de 2

Anexo 5. Concentración de nitrógeno total en muestras de residuales por tratamiento después del experimento.

	REPORTE DE RESULTADOS QUÍMICOS	Código: SGCUDAL-F-004
		Versión: 3 Fecha: 2014/06/10

ORDEN No.: 298	FECHA RECEPCIÓN: 23/02/2017	FECHA DE ENTREGA: 22/03/2017
CODIGO LAB: 298Q	CLIENTE: Juan Calderón	DIRECCIÓN: Paucarbamba 41-33
RUC/CEDULA: 0101874600001	MUESTRA: Suelos	CANTIDAD: 200g
CONDICION DE LA MUESTRA: Ambiente	MUESTREO POR: Cliente	ANÁLISIS SOLICITADO: Nitrógeno Total

IDENTIFICACION DE LA (S) MUESTRA(S):

#8	298Q-1
#3	298Q-2
#21	298Q-3
#2	298Q-4
#7	298Q-5
#14	298Q-6
#15	298Q-7
#20	298Q-8
#22	298Q-9
#23	298Q-10

RESULTADOS

Muestra: 298Q-01

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.789	0.014%	N/A

Muestra: 298Q-02

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.302	0.014%	N/A



Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS. El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.




**REPORTE DE RESULTADOS
QUÍMICOS**

 Código: SGCUDAL-F-004
 Versión: 3
 Fecha: 2014/06/10

Muestra: 298Q-03

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.151	0.014%	N/A

Muestra: 298Q-04

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.520	0.014%	N/A

Muestra: 298Q-05

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	1.403	0.014%	N/A

Muestra: 298Q-06

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.566	0.014%	N/A

Muestra: 298Q-07

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.472	0.014%	N/A


 Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.
 El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.



**REPORTE DE RESULTADOS
QUÍMICOS**

 Código: SGCUDAL-F-004
 Versión: 3
 Fecha: 2014/06/10

Muestra: 298Q-08

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.615	0.014%	N/A

Muestra: 298Q-09

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	0.943	0.014%	N/A

Muestra: 298Q-10

Análisis	Unidades	Método	Resultado	Límites de Detección	Requisito
Nitrógeno Total	%	Kjeldahl	1.641	0.014%	N/A

OBSERVACIONES:

Abreviaturas:

N/A: No Aplica

Técnico Responsable

Directora de Calidad

Director Técnico


 Los resultados son válidos para la muestra analizada. No se pueden reproducir sin la previa autorización de UDA LABORATORIOS.
 El laboratorio mantendrá la confidencialidad de los resultados.
