

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Conversión de Estiércol Bovino a Nutrientes para Suelos Agrícolas

Por:

ZORAIDA MARISSA GALVÁN CARDONA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila

Diciembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Conversión de Estiércol Bovino a Nutrimientos para Suelos Agrícolas

Por:

ZORAIDA MARISSA GALVAN CARDONA

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por



MC Carlos Efrén Ramírez Contreras
Presidente



Dr. Luis Fernando Montano Durán
Vocal



MC Armando Moreno Rubio
Vocal



MC Edgardo Cervantes Álvarez
Vocal Suplente



Dr. Isaías de la Cruz Álvarez
Coordinador Interino de la División de Carreras Agronómicas

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONOMICAS

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Conversión de Estiércol Bovino a Nutrimientos Para Suelos Agrícolas

Por:


ZORAIDA MARISSA GALVAN CARDONA

TESIS


Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA


Aprobada por el Comité de Asesoría:



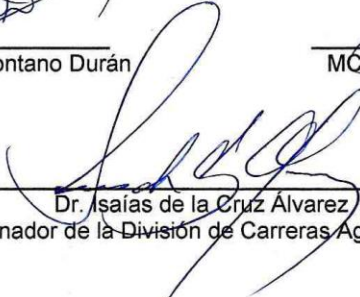
MC Carlos Zifren Ramírez Contreras
Asesor Principal



Dr. Luis Fernando Montano Durán
Coasesor



MC Armando Moreno Rubio
Coasesor



Dr. Isaiás de la Cruz Álvarez
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Diciembre 2021

Universidad Autónoma Agraria
ANTONIO NARRO



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme concedido la oportunidad de haber logrado un meta más en mi vida profesional y que me ha dado la fuerza para seguir adelante por todas las bendiciones que he recibo. Gracias Señor por estar siempre conmigo en las dificultades que se me han presentado a lo largo de la vida, por darme sabiduría, capacidad y entendimiento para enfrentar los obstáculos que se me presente y salir avante de ellos.

A mi Alma Terra Mater que durante dieciséis años ha sido y seguirá siendo mi segunda casa hasta que Dios me lo permita en la que ejerzo una de mis profesiones, y que me ha dado la oportunidad de llevar a cabo mi formación académica dentro de sus aulas.

Al M.C. Carlos Efrén Ramírez Contreras por brindarme la confianza en el desarrollo de esta investigación, por su asesoría y los consejos que me ha dado durante todo este tiempo, que me han ayudado a desarrollarme profesionalmente.

A todos mis asesores por el apoyo brindado en la realización y revisión de esta investigación, por las sugerencias para la culminación de este proyecto

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron para que pudiera lograr terminar una meta más en mi vida.

DEDICATORIA

A **Dios** por el don de la vida y por su infinita misericordia, por darme sabiduría y entendimiento para lograr cada una de mis metas.

A mi madre **MARÍA ELENA CARDONA TORRES**, por darme la vida y estar conmigo siempre apoyándome en todo lo que emprendo, por cada palabra, de aliento y consejo que recibo de su parte. Por acompañarme en esta etapa de la vida.

A mi padre **ROSALIO GALVÁN JUÁREZ (†)** que a más de diez años de su partida dejando un gran vacío entre nosotros, hemos aprendido a vivir con su ausencia, pero mientras siga viviendo en nuestros corazones jamás lo olvidaremos. Durante en vida fue la persona más importante, porque siempre fue para mí y mis hermanos el pilar principal de nuestra familia, que logró sacarnos adelante y hacernos personas de bien.

A mis hermanos **HIPOLITO GALVAN CARDONA, LEONARDO GALVÁN CARDONA, FILIBERTO GALVAN CARDONA, FRANCISCO GALVÁN CARDONA, CLARA MARIA GALVÁN CARDONA, FERNANDO GALVÁN CARDONA, HOMAR ALONSO GALVÁN CARDONA Y EDGAR WILFRIDO GALVÁN CARDONA**, por su apoyo incondicional, por compartir conmigo todos los momentos de alegría que hemos tenido como familia, y a pesar de que algunos están lejos aún en la distancia siempre me están acompañándome y apoyándome de alguna u otra forma.

A mis amigos y compañeros de trabajo por apoyarme en esta etapa de la vida en especial al MVZ Carlos Raúl Rascón Díaz y al MC. Carlos Efrén Ramírez Contreras. Que me impulsaron a estudiar una carrera universitaria.

RESUMEN

El estiércol de ganado vacuno no tratado constituye un importante reservorio de contaminantes, al situarse entre las principales fuentes de contaminación de mantos freáticos y del suelo. El uso más común del estiércol bovino en la Comarca Lagunera, localizada en los estados de Coahuila y Durango, México, es su incorporación al suelo para la producción de forrajes. Es importante aplicar el estiércol en dosis acordes a su contenido de nitrógeno (N) disponible, para reducir gastos en fertilizantes y los riesgos de contaminación del agua subterránea por lixiviación de nitratos. (Olivares-Campos, Hernández-Rodríguez, Vences-Contreras, Jáquez-Balderrama, & Ojeda-Barrios, 2012)

El negocio de la leche por su rentabilidad exige una atención exclusiva, sobre todo, en la alimentación del ganado que mientras sea de mayor calidad se obtendrá mayor cantidad y por ende mejores ganancias. Lo importante de este proceso resulta que la calidad con la cual se alimenta a la vaca, influye en la calidad del excremento, es decir, la calidad del estiércol es de igual importancia que lo que consume.

Palabras clave: Compost, Rastra, Rotocultivador, Arado, Tractor

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
INTRODUCCION	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos	2
HIPOTESIS	2
Beneficios y Desventajas del Compostaje.....	7
Beneficios del uso del compost.....	7
a) Acondicionamiento del suelo:	7
b) Mejora el manejo de estiércoles:.....	8
c) Mejora la aplicación al suelo:.....	8
D) Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores:.....	9
Desventajas del uso de compost.....	9
CARACTERIZACIÓN DE MÉTODOS DE COMPOSTAJE.....	11
QUÉ SE ENTIENDE POR CALIDAD DE UN COMPOST	15
MATERIALES Y MÉTODOS	16
Descripción del sitio de investigación	16
Localización del área General en estudio	16
Datos climáticos del lugar	16
Metodología	17
Materiales e instrumentos.....	17
Preparación de mezclas.....	18
Descripción del lugar de realización de los análisis químicos.....	24
Las muestras que se tomaron del compost fueron enviadas al laboratorio de la Cooperativa Agropecuaria	24
R ESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIÓN	27
LITERATURA CITADA.....	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resumen de los métodos de compostaje seleccionados a escala comercial.....	14
Cuadro 2. Resultados de laboratorio.....	25
Cuadro 3 Concentración de N, P, K en los fertilizantes.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Preparación del Terreno Nivelando con Equipo de Rayo Laser.....	18
Figura 2. Camión de Volteo vaciando estiércol en el área de trabajo	19
Figura 3. Colocación del estiércol apilado en la parcela de trabajo.....	20
Figura 4. Aplicación de Riego.....	21
Figura 5. Tratamiento con el implemento de arado e inicio de fermentación aeróbica.....	21
Figura 6. Utilización del rotocultivador para eliminar terrones de estiércol.....	23
Figura 7. Reposo del estiércol después de haber pasado todos los implementos necesarios	24

INTRODUCCION

En la Comarca Lagunera, región situada en los estados de Coahuila y Durango existen 450 establos con una población (Stofella & Mateo Box, 2004) de 4,300 cabezas de ganado lechero y 170,000 en producción con un peso de aproximadamente 600 kilogramos y cuya excreción por animal se estima en 48 kilogramos de estiércol y orina diarios, lo que propone alta cantidad de fibra y fertilizantes, los cuales son considerados como deshecho.

El negocio de la leche por su rentabilidad exige una atención exclusiva, sobre todo, en la alimentación del ganado que mientras sea de mayor calidad se obtendrá mayor cantidad y por ende mejores ganancias. Lo importante de este proceso resulta que la calidad con la cual se alimenta a la vaca, influye en la calidad del excremento, es decir, la calidad del estiércol es de igual importancia que lo que consume.

Por otra parte, los ganaderos exigen forrajes de calidad, lo que obliga a aplicar grandes dosis de fertilizantes sintéticos, para la producción de dichos forrajes, que son derivados de residuos petroleros y esto genera deterioro en los suelos.

Una práctica utilizada para recuperar los suelos es incorporar el estiércol a las parcelas, pero esto implica que también se incorporen semillas de malas hierbas contenidas en el estiércol y, por consiguiente, requerirá tener que invertir en un control de maleza, repercutiendo en detrimento al valor de la ganancia final.

Una de las alternativas para evitar este proceso es la importación de forrajes que son producidos en otras regiones repercutiendo de igual manera en los costos.

Otra alternativa es otorgar un tratamiento previo al estiércol para después incorporarlo al suelo. Esto consiste en obtener un compost que para ello se han fabricado implementos como la maquina estercolera, con la cual el tiempo requerido para obtener dicho compost es de al menos 90 días.

Objetivo General

Producir compost a menor inversión y mejorar la calidad de los suelos agrícolas.

Objetivos Específicos

Obtener compost utilizando implementos de los que dispone el productor, sin necesidad de aplicar otra inversión en maquinaria especializada, es decir, con un arado, rotocultivador y una rastra para obtener dicho compost en solo 14 días.

Utilizar el estiércol que se genera en las unidades de producción como abono orgánico mediante un proceso de composteo para que de esta manera se obtenga un reciclaje de nutrientes.

HIPOTESIS

Con los implementos comunes disponibles en un predio agrícola es posible producir compost en menor tiempo.

REVISIÓN DE LITERATURA

El compostaje es una técnica de tratamiento para materiales orgánicos, un proceso de fabricación para productos del suelo, un método de reciclaje de materia orgánica y nutrientes, es un medio para materiales problemáticos como los de mortalidad de animales. Es una operación de tratamiento, una empresa comercial, una práctica agrícola y un hobby de jardinería. El compostaje sirve para todos estos propósitos, y más puesto que es simple, flexible, y aplicable a un amplio rango de escalas. En resumen, existen muchas razones para producir compost y muchas vías para llevarlo a cabo. (Stofella & Mateo Box, 2004).

El compostaje es un proceso biológico a través del cual los microorganismos convierten materiales orgánicos en compost. Es predominante un proceso aeróbico o que requiere oxígeno (O_2). Los microorganismos consumen O_2 para extraer energía y nutrientes de la materia orgánica. Al hacer este proceso producen dióxido de carbono (CO_2), agua, calor, compost, y subproductos gaseosos varios de descomposición. La materia orgánica se pierde como compuestos de carbono de descomposición, creando CO_2 y compuestos orgánicos volátiles como amoníaco (NH_3) que se evapora en el medio. Muchas transformaciones biológicas y productos se producen en el proceso de compostaje, mediados por una variedad de microorganismos, que habitan diversos microambientes. (Stofella & Mateo Box, 2004). Aunque los organismos descomponen algunos materiales orgánicos, continúan a crear nuevos compuestos orgánicos de los productos de descomposición. Elementos como nitrógeno (N) y azufre (S) combinan con otros elementos, cambiando repetidamente entre formas solubles (Miller 1993). Las

formas elementales solubles están sujetas a la utilización de los microorganismos o a la posible lixiviación. Otros procesos físicos y químicos también están en funcionamiento, afectando la porosidad, la capacidad de retención de nutrientes y agua, la conductividad, el pH y otras propiedades que podrían influenciar sea el proceso de compostaje o sea los usos potenciales del producto. (Stofella & Mateo Box, 2004)

El composteo es una forma importante de reciclar elementos orgánicos residuales de la agricultura y la ganadería. Una de las principales tecnologías es el uso de composta que el productor puede elaborar en su unidad de producción, utilizando los materiales que dispone localmente.(DE LUNA-VEGA, GARCÍA-SAHAGÚN, RODRÍGUEZ-GUZMÁN, & PIMIENTA-BARRIOS, 2016)

El oxígeno es suministrado a los materiales de compostaje vía la aireación. Los mecanismos de aireación pueden ser muy efectivos, pero no son perfectos (Epstein 1997). En realidad, parte de la descomposición también ocurre anaeróbicamente (es decir sin O₂). Los procesos anaeróbicos contribuyen a la descomposición global de los materiales de compostaje. Sin embargo, no es deseable una excesiva descomposición anaeróbica durante el compostaje porque da lugar a una degradación incompleta y a olores. (Miller 1993). El suministro de unas condiciones bien aireadas minimiza los olores asociados con los procesos anaeróbicos y completa la descomposición de los subproductos anaeróbicos degradados parcialmente como ácidos orgánicos, los cuales pueden contribuir a la fitotoxicidad cuando el compost se utiliza finalmente (Stofella & Mateo Box, 2004).

Además del O₂, los organismos necesitan humedad, un balance de nutrientes, y temperaturas y pH favorables. La humedad abundante se requiere

para las actividades metabólicas de los organismos. El agua proporciona un medio para las reacciones bioquímicas y el transporte de nutrientes y organismos. Sin embargo, el agua en exceso interfiere con la aireación relleno los espacios de los poros. El equilibrio ideal de la humedad generalmente se encuentra en el rango de 50 a 60% (base húmeda). Dependiendo de los materiales y método de compostaje, los contenidos de humedad de 40 a 70% son tolerables. Por debajo de 40%, el proceso de compostaje se ralentiza debido a la falta de humedad. Por debajo de un límite máximo de 60 a 70%, la aireación es extremadamente difícil. El contenido de humedad apropiado se establece inicialmente añadiendo agua a las materias primas secas y húmedas juntas. La mezcla de materiales diversos es común porque también mejora las características físicas del sustrato de compostaje y su balance de nutrientes. Una vez comienza el proceso de compostaje, las altas temperaturas y el movimiento de aire dan lugar a la evaporación, lo que generalmente disminuye el contenido de humedad del compost con el tiempo. En sistemas al aire libre, la lluvia puede reducir o incluso invertir este proceso de secado, así como producir agua metabólica como subproducto de la descomposición. Durante el proceso de compostaje, los niveles de humedad pueden ser mantenidos con adición de agua a los materiales que se han secado excesivamente. Si los materiales vuelven demasiado húmedos de la precipitación y del agua metabólica, pueden ser aireados o agitados para promover el secado (Stofella & Mateo Box, 2004)

Aunque la mayoría de los materiales orgánicos proporcionan todos los nutrientes necesarios por los microorganismos, el contenido de nutrientes está a menudo no equilibrado para el compostaje óptimo. Normalmente, los nutrientes se

gestionan con el suministro equilibrado de proporciones de dos nutrientes básicos, C y N. En algunos casos otros nutrientes, como fósforo (P), se han encontrado que son limitantes (Stofella et. al., 2004), No obstante, se asume normalmente que con una relación carbono nitrógeno (C: N) razonable, otros nutrientes necesarios están disponibles en cantidades suficientes. Una relación ideal C: N se considera en el rango de 25:1 A 30:1, con relaciones por encima de 30:1, el compostaje podría ser limitado por la falta de N. Con relaciones C: N menores el exceso de N se convierte en HN_3 , que está sujeto a pérdidas vía volatilización y lixiviación. En la práctica, la relación C: N de las materias primas no es tan crucial como parece. El compostaje tiene lugar efectivamente en relaciones C: N de 20:1 a 50:1 e incluso mayores. También los procesos bioquímicos dependen no solamente en las concentraciones de los nutrientes disponibles sino también en su disponibilidad biológica, un factor que es más difícil de tener en cuenta. Esto es particularmente cierto para el C, el cual es a menudo confinado en los compuestos biológicamente resistente (Stofella et al, 2004).

Los microorganismos deben ser capaces de acceder a los nutrientes en los sustratos orgánicos para que el compostaje continúe. Los organismos del compostaje colonizan la superficie de las partículas sólidas donde están presente el agua y el O_2 ; ahí pueden hidrolizar los compuestos orgánicos en formas solubles más degradables. Con un área superficial mayor, más material orgánico es accesible a los organismos. Puesto que las partículas menores proporcionan mayor área superficial, la descomposición aumenta con los tamaños de partículas menores (Golueke, 1972). Sin embargo, partículas muy pequeñas reducen el tamaño de los poros en los materiales de compostaje.

Beneficios y Desventajas del Compostaje

Desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos, solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. En este último sentido, se persigue aumentar la similitud entre la materia orgánica de los residuos y el humus de los suelos, eliminar los posibles productos tóxicos que puedan permanecer en los residuos por la descomposición incompleta del sustrato, y aumentar la estabilidad biológica o resistencia a la biodegradación, con lo que se resuelven o atenúan los efectos desfavorables de la descomposición de los restos orgánicos sobre el propio suelo. (Pierini, Ratto, Avedissian, Zubillaga, & Arancio, 2010)

Beneficios del uso del compost

Entre los beneficios del compostaje se incluyen:

a) Acondicionamiento del suelo:

La utilización de compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial e interés en nuestro país, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo en proporciones adecuadas es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertización. Además, cabe comentar que la materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos de repercusión agrobiológica muy favorable. Entre estos están: Mejora de las propiedades físicas del suelo: la materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán

más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados (Gandarilla Benítez, 1988).

Mejora las propiedades químicas: la materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo, esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la posibilidad de ser asimilados por las plantas (Stofella & Mateo Box, 2004)

Mejora la actividad biológica del suelo: la materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de un suelo fértil (Stofella & Mateo Box, 2004)

b) Mejora el manejo de estiércoles:

El compostaje reduce el peso, el volumen, el contenido en humedad, y la actividad de los estiércoles. El compost es mucho más fácil de manejar que los estiércoles y se almacena sin problemas de olores o de moscas. Puesto que se puede almacenar, el compost puede ser aplicado en cualquier época del año. Esto minimiza las pérdidas de nitrógeno y el impacto ambiental en el campo (Stofella & Mateo Box, 2004)

c) Mejora la aplicación al suelo:

Tanto el compost como los estiércoles son buenos acondicionadores del suelo con valor fertilizante. Normalmente el estiércol se añade al suelo directamente, proporcionándole calidades comparables a las que alcanzaría con el compost. Sin embargo, el acondicionamiento del suelo, no justifica por si solo hacer

compost a partir de estiércoles. Hay beneficios complementarios por la utilización de compost, como son: (Stofella & Mateo Box, 2004)

1. El compost convierte el contenido en nitrógeno presente en los estiércoles en una forma orgánica más estable. Por tanto, esto produce unas menores pérdidas de nitrógeno, el cuál permanece en una forma menos susceptible de lixiviarse y, por tanto, de perder amonio.
2. La mayoría de los estiércoles tienen una elevada relación carbono/nitrógeno. Cuando se aplican al suelo directamente, el exceso de carbono en los estiércoles hace que el nitrógeno en el suelo quede inmovilizado y, por tanto, no disponible para el cultivo. El compostaje disminuye la relación carbono/nitrógeno a niveles aceptables para la aplicación al suelo. (Negro et al., 2000)
3. El calor generado mediante el proceso de compostaje reduce la viabilidad de las semillas que pudieran estar presentes en el estiércol.

D) Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores:

En la mayoría de las granjas, el estiércol es más un pasivo que un activo. Los principales inconvenientes son los olores y la contaminación por nitratos. El compostaje puede potencialmente disminuir estos problemas.

e) Destrucción de patógenos

La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico.

Desventajas del uso de compost

Entre las principales desventajas que se le atribuyen al compost están:

Las de tipo económico: A la hora de plantearse un compostaje hay que tener en cuenta que este proceso supone una cierta inversión, ya que se necesitan una serie de equipos y a veces unas mínimas instalaciones, si bien es cierto que la

mayoría de las operaciones del proceso se pueden realizar con maquinaria existente en cualquier granja.

Las de la disponibilidad de terreno: No hay que olvidar que dentro del proceso de compostaje hay que prever un terreno para almacenar los materiales de partida, otro para mantener los compost durante la fase de maduración y otro para almacenar los productos ya terminados, además del espacio dedicado al compostaje propiamente dicho. Las de tipo climatológico: si el clima es muy frío, el proceso se alarga debido a las bajas temperaturas, e incluso, a veces, se para, debido a la imposibilidad de hacer funcionar los equipos adecuadamente a causa de las heladas y nevadas. Las lluvias excesivas también pueden dar lugar a problemas de encharcamientos y de anaerobiosis si no hay un buen drenaje y una inclinación adecuada del terreno (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)

Las de tipo medioambiental: estas desventajas se pueden evitar con una buena práctica a la hora de realizar el proceso y con una buena elección del terreno donde se van a almacenar, tanto los materiales iniciales como los compost en fase de maduración, ya que es en este periodo donde hay más peligro de que las pérdidas de nitrógeno, en forma de nitratos, contaminen las aguas subterráneas. Las de valor fertilizante: en general los compost tienen fama de que su contenido en nitrógeno es muy bajo, pero eso sólo es cierto si a lo largo del proceso ha habido pérdidas debido a una mala práctica. Por otra parte, las cantidades que hay que aplicar de compost son superiores a las que habría que aplicar cuando se usan fertilizantes químicos de síntesis, debido a que en un compost los nutrientes se encuentran en formas muy complejas que necesitan sufrir en el suelo un proceso de mineralización para ser asimilados por las plantas. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la aportación en sucesivas cosechas será menor debido al efecto residual a que da lugar la más lenta liberación de nutrientes. (Negro et al., 2000)

CARACTERIZACIÓN DE MÉTODOS DE COMPOSTAJE

El método de compostaje proporciona las condiciones de los microorganismos para convertir las materias primas en compost. El método dicta cómo los materiales de compostaje son aireados, contenidos, y movidos a través del sistema. Existen numerosas vías para caracterizar los métodos de compostaje incluyendo el grado de contención (abierto vs. Cerrado), modo de aireación (pasivo vs. Forzado), utilización de agitación (estático vs. Volteo) y la progresión física de los materiales a través del proceso de compostaje (lotes vs. Continuo). El cuadro 3.1 define estos y otros términos que se utilizan para clasificar e identificar los métodos de composta (Román et al., 2013)

Debido a las diferencias en el coste y la gestión, los métodos de compostaje son en líneas generales clasificados sobre la base de que los materiales de compostaje estén o no encerrados. Se utilizan dos categorías normalmente: (1) Método “abierto” que proporcionan poco o ningún contenedor y (2) Métodos “cerrados” que contienen los materiales de compostaje en túneles o reactores. La distinción entre los compostajes abiertos o cerrados no es del todo clara. Varios métodos se pueden considerar en ambas categorías proporcionan un marco razonable para describir los varios métodos de compostaje comercial que se utilizan. De esta forma, los métodos individuales de compostaje se discuten en estas amplias categorías.(Stofella & Mateo Box, 2004).

Abierto: Los materiales se compostan en pilas o hileras a voluntad (por ejemplo, en pilas largas y estrechas). Los materiales serían amontonados en simples depósitos que no están completamente cerradas. Los sistemas podrían

cerrarse en el interior de un edificio, pero el entorno del compostaje sigue estando sin controlar.

Cerrado o en contenedores: Los materiales se compostean en reactores o contenedores. La mayoría de los métodos emplean aireación forzada y algunos mecanismos de agitación. El entorno que rodea a los materiales de compostaje esta controlado. Los ejemplos de reactores incluyen contenedores de acero aireados, tubos amplios de polietileno, reactores cilíndricos o rectangulares orientados verticalmente y varias configuraciones de depósitos cerrados. Los depósitos horizontales agitados se consideran normalmente como de esta categoría.

Aireación natural o pasiva: Se lleva a cabo en el movimiento natural de aire como medio de aireación. Los mecanismos utilizados incluyen difusión, viento y convección térmica.

Aireación forzada: Emplean ventiladores o sopladores y una red de distribución de tuberías o respiradores para llevar el aire a los materiales de compostaje.

Estático: Los materiales se compostan sin una agitación regular o volteo. Algún volteo infrecuente y regular cuando las pilas se mueven o combinan.

Agitado o volteado: Los materiales se agitan o voltean regularmente a intervalos que varían de cada día a cada 2 meses. Una variedad de mecanismos de agitación sería utilizada.

Lotes: Las materias primas se compostan en lotes identificables, normalmente con poco o ningún cambio a través del proceso. Después de que un

lote se forma y empieza a compostar, no se añade ningún material a la unidad de compostaje.

Continuo: Las materias primas se mueven físicamente a través del sistema de compostaje de una forma casi continua. El movimiento se corresponde con las etapas progresivas de descomposición. El compost se retira y nuevo material se añade regular y frecuentemente.

Modular: Los materiales se compostan en múltiples, a menudo relativamente pequeños módulos o unidades. Cada módulo representaría un lote individual de material. Los módulos pueden ser pilas o hileras a voluntad, silos o reactores cerrados. A medida que el número de módulos aumenta, el sistema se aproxima a una operación continua.

Cuadro 1. Resumen de los métodos de compostaje seleccionados a escala comercial

Método y Descripción
<i>Métodos abiertos</i>
Método de hilera con volteo: Hileras largas y estrechas que son regularmente volteada y aireadas pasivamente.
Pilas estáticas aireadas pasivamente: Pilas dispuestas a voluntad que se voltean infrecuentemente o no se voltean y son aireadas pasivamente sin ayuda de aireación.
Método con utilización de aireación asistida de pilas estáticas (por ejemplo, sistema de hileras pasivamente aireado-PAWS; y pilas estáticas aireadas naturalmente – NASP): hileras estáticas y pilas con ayudas pasivas de aireación como tuberías perforadas y aireación con una cámara de aire.
Pilas estáticas aireadas: Pilas dispuestas a voluntad o simples contenedores abiertos con aireación forzada y sin volteo.
Métodos que combinan el volteo con la aireación forzada de pilas abiertas e hileras: Pilas dispuestas a voluntad o hileras, o simple contenedores abiertos con sistema de aireación forzada. Los materiales se voltean regular u ocasionalmente.
<i>Métodos cerrados o en contenedor</i>
Lechos horizontales agitados: Los materiales se compostan en lechos estrechos y largos con volteo regular, normalmente con aireación forzada y movimiento continuo.
Contenedor aireado: Los materiales se compostan en una variedad de contenedores con aireación forzada.
Contenedores aireados-agitados: Contenedores comerciales que proporcionan aireación forzada, agitación y movimiento continuo.
Reactores-torre o silos: Sistemas con aireación forzada y verticalmente orientados con movimiento continuo de materiales en la parte superior o inferior.
Reactores de tambores rotativos: Tambores horizontales, que rotan lentamente que constantemente o intermitentemente voltean los materiales y los mueven a través del sistema.

QUÉ SE ENTIENDE POR CALIDAD DE UN COMPOST

La mayor parte de los factores cualitativos más importantes de un compost depende de la planificación y de su utilización. Para casi todas las aplicaciones, el indicador fundamental de la calidad de un compost es la respuesta observada en el desarrollo de las plantas. El contenido de nutrientes de un compost, especialmente el nitrógeno absorbible por la planta (N), es lo más importante para el cultivo cuando el compost es aplicado como complemento o sustitutivo de otras fuentes de nutrientes. El pH y el contenido en sales solubles de un compost es la llave característica donde se utiliza a fuertes dosis, como sustrato o como compost vendido al público en general. El éxito de venta al público precisa que el compost esté maduro y bien descompuesto y que tenga color pardo a negro y un olor a tierra (Stofella & Mateo Box, 2004)

El contenido de la materia orgánica en suelos varía entre 2 y 8 gramos de materia orgánica por kilogramo de suelo, el primer número corresponde a los desiertos, el segundo a las turberas, siendo usual que los suelos minerales contengan entre 10 y 40 gramos de materia orgánica por kilogramo de suelo en el horizonte más superficial (DE LUNA-VEGA et al., 2016)

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de investigación

La ciudad de Gómez Palacio se ubica en el Estado de Durango, que en conjunto con las vecinas ciudades de Ciudad Lerdo (en Durango), Torreón y Matamoros (en Coahuila) forman parte de la Comarca Lagunera y estas cuatro ciudades conforman una zona metropolitana,³ la cual es la novena zona metropolitana más poblada de México con poco más de 1,200,000 habitantes. Gómez Palacio, cabecera del Municipio de Gómez Palacio. tiene un clima extremadamente seco, debido a que se localiza en el Bolsón de Mapimi.⁴ A orillas de la ciudad se localiza el río Nazas, el cual divide a los estados de Coahuila y Durango. En el año de 2015 contaba con 342, 286 habitantes conforme al Censo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Se encuentra entre las coordenadas geográficas son 25° 32' - 25° 54' de latitud norte y 103° 19' - 103° 42' de longitud oeste, tiene una extensión territorial de 990.2 kilómetros cuadrados;

Localización del área General en estudio

El presente trabajo fue desarrollado en el predio agrícola Ganadera Gilio.

Datos climáticos del lugar

El **clima** en **Gómez Palacio** es un **clima** desértico. No hay virtualmente ninguna lluvia durante todo el año en **Gómez Palacio**. Esta ubicación está clasificada como BWh por Köppen y Geiger. La **temperatura** media anual en **Gómez Palacio** se encuentra a 22.6 °C.

Metodología

Proyecto de investigación basado en la observación sin control de la variable independiente, esto indica una investigación descriptiva y que de acuerdo a la planificación de la toma de datos. El estudio es **Prospectivo**: Los datos necesarios para el estudio son recogidos a propósito de la investigación (primarios). Por lo que, posee control del sesgo de medición.

Según el número de variables de interés es **Analítico**: El análisis estadístico por lo menos es bivariado; porque plantea y pone a prueba hipótesis, su nivel más básico establece la asociación entre factores.

Es un estudio **transversal**: definiéndose como un tipo de investigación observacional que analiza datos de variables recopiladas en un periodo de tiempo. Este tipo de estudio también se conoce como estudio de corte transversal, estudio transversal y estudio de prevalencia. Un estudio transversal le da al investigador la flexibilidad de considerar múltiples variables juntas como una constante, con una sola variable como foco del estudio transversal.

Es una investigación **descriptiva**, porque: a partir los datos recogidos y analizados a partir de la investigación descriptiva pueden ser investigados más a fondo utilizando diferentes técnicas. Además, ayudan a determinar los tipos de métodos de investigación que se utilizarán para la investigación subsiguiente.

Materiales e instrumentos

Los materiales utilizados fueron maquinaria e implementos agrícolas como: Arado, Tractor, Rotocultivador y Rastra.

Preparación de mezclas

El proceso constó del establecimiento de un sistema de composteo aeróbico utilizando estiércol de ganado lechero, el cual fue recopilado en las unidades productivas del predio. La preparación del terreno se inició el 12 de diciembre del 2017, primeramente, se seleccionó el área en la cual se llevaría a cabo el proceso de compostaje con el estiércol producido en la unidad productiva del predio Ganadera Gilio. Una vez que ya se localizó el terreno se niveló con el equipo de rayo láser con una pendiente de cero (Figura 1).



Figura 1. Preparación del Terreno Nivelando con Equipo de Rayo Laser

El estiércol fue trasladado del establo al área acondicionada para llevar a cabo el proceso de compostaje en camiones de volteo. Dicha actividad inició al día siguiente de haber terminado la nivelación del terreno, en total se contabilizaron 26 viajes de estiércol bovino que se fueron apilando para posteriormente darle el

tratamiento con los implementos agrícolas de los que se dispone en el predio.
(Figura 2).



Figura 2. Camión de Volteo vaciando estiércol en el área de trabajo

En la Figura 3, se muestra que se forma una pila de estiércol con varias capas al aire libre para iniciar con el proceso de compostaje posteriormente después de haber apilado el material.



Figura 3. Colocación del estiércol apilado en la parcela de trabajo

Después de esparcido el estiércol, se aplica el riego para iniciar el proceso de fermentación, es importante mencionar que la aplicación del agua es una sola vez, no se repite como en el caso de usar maquinaria especial para el composteo. Esto es mostrado en la Figura 4, donde se puede apreciar cómo queda la distribución del agua, en este momento inicia el proceso de fermentación anaeróbica.



Figura 4. Aplicación de Riego

Después del riego, se debe esperar a “que se ponga a punto” la superficie del estiércol, es decir, hasta que pueda entrar la maquinaria a hacer las labores siguientes. Una vez que pueda entrar el tractor, se procede a realizar el primer paso de arado, (Figura 5).



Figura 5. Tratamiento con el implemento de arado e inicio de fermentación aeróbica.

A los tres días de haber aplicado el paso de arado, las capas de estiércol son aireadas de una forma pasiva. El volteo es simplemente un procedimiento de agitación, en el cual se combinan, mezclan y homogeniza los materiales; se liberan los gases y el calor que se encuentra en el interior; distribuye la humedad y nutrientes. Dependiendo en los materiales y la agresividad de los implementos de arado, el volteo también reduce el tamaño de la partícula.

Otro implemento agrícola que se utilizó en el proceso de compostaje fue el rotovátor o rotocultivador. (Figura 6). Que es una máquina de labranza que mediante azadas montadas sobre un eje accionado por la toma de potencia del tractor desmenuza y pulveriza el suelo y acelera la descomposición de la materia orgánica.

Durante el proceso de producción de composta a base de estiércol bovino el rotocultivador fue un implemento esencial, ya que fue utilizado para descomponer y pulverizar los terrones que el arado no podía deshacer. De esta manera, se forma una cama de estiércol sellada que no permite la entrada de aire y se asegura el proceso de fermentación anaeróbica. Además, dicha cama permanece dos días en esta condición.



Figura 6. Utilización del rotocultivador para eliminar terrones de estiércol.

Una vez que ya se le dio el proceso correspondiente con los implementos agrícolas, como se mencionó, se deja en reposo durante dos días para que los microorganismos consuman oxígeno y puedan extraer energía y nutrientes de la materia orgánica. Al hacer este proceso producen dióxido de carbono (CO_2). (Figura 7).



Figura 7. Reposo del estiércol después de haber pasado todos los implementos necesarios

Este proceso se repite las veces que sea necesario durante 14 días y resultan suficientes para concluir y terminar la obtención de compost, lista para aplicarse o incorporarse al suelo como mejorador y fertilizante orgánico.

Descripción del lugar de realización de los análisis químicos

Las muestras que se tomaron del compost fueron enviadas al laboratorio de la Cooperativa Agropecuaria

R RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Después de los 14 días resulta un producto de gran calidad y cantidad de nutrientes, al cual se le toman muestras para enviar al laboratorio para su análisis nutrimental, resultando lo mostrado en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados de laboratorio

Concepto	Unidades	Contenido	Kilogramos
pH	%	8.45	
Conductividad eléctrica	mScm-1	27.62	
Materia orgánica	%	23.00	318,550.00
Carbonatos totales	%	13.40	185,590.00
Nitrógeno	%	1.25	17,312.50
Fosforo	%	0.82	11,357.00
Potasio	%	1.08	14,958.00
Calcio	%	4.11	56,923.50
Magnesio	%	0.63	8,772.55
Sodio	%	1.09	15,096.50
Fierro	ppm	5.25	5.25
Cobre	ppm	1.02	0.102
Zinc	ppm	2.66	0.266
Manganeso	ppm	3.55	0.355

De 1,385 toneladas de estiércol, el análisis muestra que contiene el 1.25 por ciento de nitrógeno es decir 1.25 kilos de Nitrógeno por cada 100 kilos de compost por regla de tres se tiene 17,312.50 kilogramos de nitrógeno en compost. Estos kilogramos de nitrógeno transformados a urea la cual contiene un 46 por ciento de nitrógeno resultaría por regla de tres 37,634.78 toneladas de urea, es decir el compost convertida a urea equivale a 37.634 toneladas.

De igual forma en el análisis se muestra un 0.82 por ciento de fósforo lo que refleja que hay 11, 357 kilogramos de fosforo en el compost y por tanto mediante regla de tres se obtienen 21,840.38 kilogramos de fosforo que transformados a map el cual contiene 52 por ciento de fosforo resultaría 21.840 toneladas de fosforo asimismo el map contiene también 11 por ciento de nitrógeno lo que da como resultado 1,904.37 kilogramos de nitrógeno.

Cuadro 3 Concentración de N, P, K en los fertilizantes

Unidades* de N, P, K y S por cada 100 kg de fertilizante					
Fertilizante	Abrev.	N	P	K	S
<i>Nitrogenados: Amoniacales</i>					
Urea		46			
Sulfato de Amonio	SA	20.5			24
Amoniaco anhidro		82			
Fosfato diamónico	DAP	18	46		2
Fosfato Monoamónico	MAP	11	52		2
<i>Nitrogenados: Nítricos-amoniacales</i>					
Nitrato de Amonio	NA	35			
Nitrogenados Nítricos					
Nitrato de Calcio		15			
Nitrato de Potasio		13		44	
<i>Fosfatados</i>					
Superfosfato Triple	SPT		44-53		
Superfosfato simple			18-21		
Fosfato Dicálcico			36-40		
<i>Potásicos</i>					
Cloruro de potasio	CIK			60	
Sulfato de potasio	SK			50	18

CONCLUSIÓN

Se puede producir compost con los implementos agrícolas con los que se dispone un predio agrícola. La producción de compost a partir de estiércol bovino es una alternativa para el reciclaje de nutrientes, así como también para generar materia orgánica estabilizada que permite mantener e incrementar el contenido de materia orgánica del suelo y aumentar su fertilidad. Además, que con el manejo de residuos agrícolas por medio del composteo se reducen elementos de contaminación ambiental.

De igual forma el compost es un fertilizante orgánico y con esto se logró convencer al productor para adoptar nuevas alternativas para el manejo del estiércol que se produce en el propio predio y con ello también los costos de producción de forrajes son más bajos debido a que el productor invierte menos en fertilizantes sintéticos, ya que se pueden remplazar total o parcialmente de acuerdo a las necesidades de cada cultivo.

LITERATURA CITADA

- DE LUNA-VEGA, A., GARCÍA-SAHAGÚN, M. L., RODRÍGUEZ-GUZMÁN, E., & PIMIENTA-BARRIOS, E. (2016). Evaluación de composta, vermicomposta y excreta de bovino en la producción de maíz (*Zea mays* L.). *Naturales y Agropecuarias.*, 3(8), 46-52.
- Gandarilla Benítez, J. E. (1988). Empleo del estiércol vacuno para mejorar un suelo improductivo de la provincia de Camaguey, Cuba [recurso electrónico].
- Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M., . . . Labrador, C. (2000). Producción y gestión del compost.
- Olivares-Campos, M., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*, 28(1), 27-37.
- Pierini, V., Ratto, S., Avedissian, F., Zubillaga, M., & Arancio, J. (2010). Propiedades físicas de un compost obtenido a partir de residuos de poda. *Revista Facultad de Agronomía, UBA, Argentina*, 30, 95-99.
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultorexperiencias en américa latina*: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Stofella, P. J., & Mateo Box, J. (2004). *Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola*.