

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**UNIDAD LAGUNA**  
**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Recuperación de suelos degradados con el uso de compost y vermicompost.

**POR**

**ADIEL CASTILLO MALDONADO**

**MONOGRAFÍA**

Que presenta como requisito parcial  
para obtener el título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Torreón Coahuila, México, Diciembre del 2021**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Recuperación de suelos degradados con el uso de compost y vermicompost.

POR

**ADIEL CASTILLO MALDONADO**

MONOGRAFÍA

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

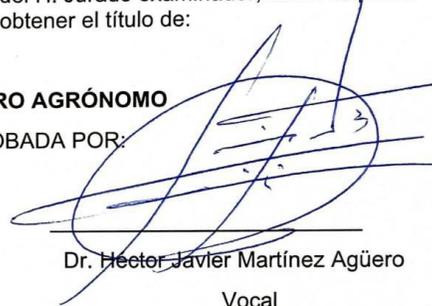
**INGENIERO AGRÓNOMO**

APROBADA POR:



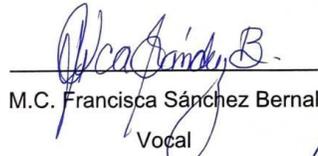
---

Dr. Rubén López Salazar  
Presidente



---

Dr. Hector Javier Martínez Agüero  
Vocal



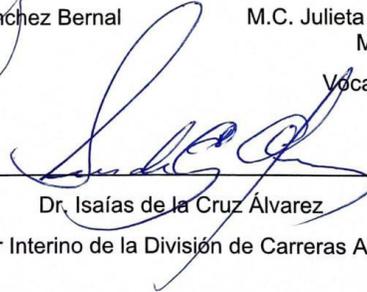
---

M.C. Francisca Sánchez Bernal  
Vocal



---

M.C. Julieta Ziomara Ordoñez Morales  
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  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Recuperación de suelos degradados con el uso de compost y vermicompost.

POR:

**ADIEL CASTILLO MALDONADO**

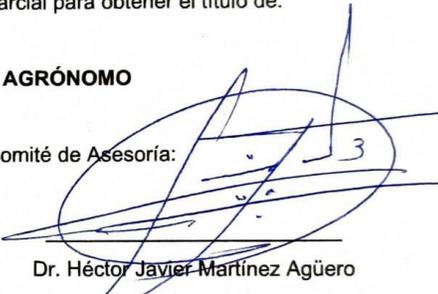
MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

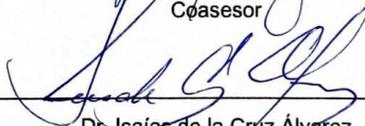
**INGENIERO AGRÓNOMO**

Aprobada por el comité de Asesoría:

  
Dr. Rubén López Salazar  
Presidente

  
Dr. Héctor Javier Martínez Agüero  
Coasesor

  
M.C. Francisca Sánchez Bernal  
Coasesor

  
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

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres**, Samuel Castillo Carmona y María Alemi Maldonado Flores que siempre estuvieron al pendiente de mí y por haberme dado la oportunidad y el apoyo incondicional para lograr culminar mis estudios profesionales, con mucho respeto gracias.

**A mis hermanos**, Gustavo Castillo Maldonado y Erik Castillo Maldonado por estar conmigo y apoyarme todos los días y orientarme a ser mejor en cada una de las cosas a realizar.

**A mis abuelos**, Rutilo Castillo Carmona y Bernardina Carmona Morales, por estar siempre al pendiente de mí y ser parte fundamental para culminar mis estudios profesionales.

**A mi novia**, Noelia Anzures Valdepeña, quien estuvo conmigo en todo momento mostrando un gran apoyo incondicional que me motivo a salir adelante y terminar satisfactoriamente mis estudios profesionales

**A mi Alma Mater**, por darme la oportunidad de ser parte de su institución y por inculcarme valores que me han hecho crecer como persona y como profesional.

**Al Dr. Rubén**, gracias por su asesoría, tiempo disponible y paciencia para lograr realizar este trabajo, gracias por el apoyo incondicional.

**A todos los docentes que me impartieron clases**, gracias a ellos adquirí conocimientos que me servirán durante toda mi vida y por haberme dado mucho apoyo durante el tiempo que estuve con ellos.

**A todas las personas** que siempre me ofrecieron apoyo y me dieron motivos para lograr esta meta.

## DEDICATORIAS

**A mis padres,** Samuel Castillo Carmona y María Alemi Maldonado Flores, a quienes quiero mucho, este trabajo se lo dedico a ellos porque me han hecho crecer como una excelente persona y sin la ayuda de ellos esto sería muy difícil, gracias son un ejemplo a seguir tengo una gran admiración por el arduo trabajo que realizaron para sacarme adelante en este proyecto.

**A mis hermanos,** Gustavo Castillo Maldonado y Erik Castillo Maldonado por estar siempre conmigo sin importar las circunstancias, a ellos por darme apoyo incondicional y orientación para lograr este proyecto de vida.

**A mis abuelos,** por estar todos los días al pendiente de este mi proyecto de vida y dándome los mejores consejos para ser mejor cada día.

**A mi novia,** Novia Anzures Valdepeña a quien también le dedico este trabajo ya que fue una parte fundamental en este proyecto y quien estuvo al pie del cañón en los días buenos y malos que tuve durante el proceso, siempre mostrando un apoyo incondicional.

**A mis compañeros,** a todos mis compañeros de la especialidad Ingeniero Agrónomo por todos los momentos vividos por su amistad y compañía gracias.

## RESUMEN

El compost y el vermicompost son materiales de beneficio para la fertilidad de los suelos agrícolas y sus características. Estos materiales son el resultado de un proceso de descomposición natural de residuos animales y vegetales, por acción de distintos organismos, los cuales, transforman la materia en productos sencillos y de composición variable que al aplicarse al suelo aportan nutrimentos y mejoran la calidad. Dichos productos constituyen una forma de reciclaje de desechos, convirtiéndolos en enmiendas para la sostenibilidad del recurso, además, estos abonos se caracterizan por ser ecológicos, de alto valor agronómico, capaces de reducir significativamente los efectos ambientales producidos por degradación de suelo como por exceso de residuos sólidos inprovechables.

**Palabras clave:** Estiércol, Agregados del suelo, Fertilidad, Degradación, Ácidos húmicos.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>vi</b>
<b>1.INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo	2
1.2. Justificación	2
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>3</b>
2.1. Degradación del suelo	3
2.2. Abonos orgánicos	4
2.3. Compost y vermicompost al suelo	5
2.4. Compost	5
2.4.1. Tipos de compost	8
2.4.1.1. Residuos sólidos urbanos biodegradables	9
2.4.1.2. Residuos sólidos rurales biodegradables	9
2.5. Vermicompost	10
2.5.1. Tipos de vermicompost	12
2.6. Recuperación de suelos mediante el uso de compost y vermicompost.	14
<b>3. DISCUSIÓN</b>	<b>17</b>
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>18</b>
<b>5. RECOMENDACIONES</b>	<b>19</b>
<b>6. LITERATURA CITADA</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Descripción de las principales fases de degradación.	<b>3</b>
<b>Cuadro 2.</b> Grados de erosión del suelo.	<b>4</b>
<b>Cuadro 3.</b> Nutrimientos en el suelo antes y después de la aplicación.	<b>7</b>
<b>Cuadro 4.</b> Efecto de la aplicación de compost al suelo.	<b>8</b>
<b>Cuadro 5.</b> Insumos orgánicos utilizados.	<b>10</b>
<b>Cuadro 6.</b> Modificación de las propiedades químicas del sustrato en el producto final.	<b>13</b>
<b>Cuadro 7.</b> Composición química del vermicompost obtenido.	<b>13</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Degradación física del suelo	4
<b>Figura 2.</b> Proceso de compostaje	5
<b>Figura 3.</b> Días promedio de transformación	6
<b>Figura 4.</b> Elementos transformados en el proceso de compostaje	8
<b>Figura 5.</b> Lombriz <i>Eisenia foetida</i>	11
<b>Figura 6.</b> Transformación de residuos mediante vermicompostaje	12
<b>Figura 7.</b> Aplicación de compost como enmienda orgánica	14
<b>Figura 8.</b> Modificación de las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el uso de enmiendas orgánicas.	15
<b>Figura 9.</b> Estructura del suelo	16

## 1. INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural de importancia en la agricultura, puesto que de él depende en su mayoría la producción de alimentos, por lo que es importante utilizarlo de manera responsable y eficiente. En México, la pérdida de nutrimentos y microorganismos benéficos en el suelo aumenta año con año, lo que se traduce a un 63% de suelos erosionados a causa de las actividades agrícolas (Perez *et al.*, 2018).

Principalmente, el recurso se ve afectado por la escasa incorporación de nutrimentos de origen orgánico y el uso extensivo en labores agrícolas, lo que hace indispensable la recuperación de la fertilidad y la actividad biológica por medio de abonos orgánicos (Coronado, 2017).

Los abonos orgánicos son materiales resultantes de la descomposición natural de residuos complejos, animales y vegetales por acción de microorganismos, los cuales, transforman la materia compleja en productos sencillos que, en el suelo, aportan nutrientes y mejoran la calidad. Estos productos constituyen una forma de reciclaje de desechos, convirtiéndolos en enmiendas para la sostenibilidad del recurso, además de ser utilizado como alternativa para sustituir la fertilización sintética. Bajo condiciones de buen manejo, estos abonos representan un recurso de alto valor agronómico y reducen los efectos ambientales presentarse tanto por pérdida de suelos, como por excesos de residuos inaprovechables (Hang *et al.*, 2015; Jacobo *et al.*, 2017; Jaramillo *et al.*, 2016).

El efecto de la aplicación a los suelos varía considerablemente en base a factores como: edad, manejo, contenido de humedad y principalmente de la procedencia de éste. Entre los abonos orgánicos más conocidos y de mayor uso se incluyen el compost y el vermicompost (López *et al.*, 2001).

## **1.1 Objetivo**

Entender los mecanismos de acción del compost y vermicompost en suelos degradados.

## **1.2 Justificación**

La finalidad del presente trabajo es promover el uso de compost y vermicompost elaborado a partir de materia prima de fácil acceso y de bajo o nulo costo, que pueda ser utilizada para mejorar las propiedades físicas y químicas de suelos degradados.

En la actualidad, existe una problemática en la calidad de los suelos agrícolas, debido a dos condiciones: la primera involucra directamente al suelo, ya que éste, ciclo tras ciclo se degrada a causa de la sobreexplotación y las malas prácticas agrícolas, así como también a la escasa incorporación de materia orgánica, lo que se traduce a una menor fertilidad, mientras que la segunda, tiene que ver con el reciclaje de desechos sólidos inaprovechables, que resultan de utilidad cuando son transformados en enmiendas para la recuperación del suelo.

Por ello, se pretende informar sobre los distintos tipos de abonos, sus características, calidad, uso adecuado, beneficios, entre otros aspectos que sirvan de herramienta para la recuperación de suelos degradados y su fertilidad.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Degradación de suelo

La degradación del suelo según la definición de Castillo y Amésquita (2003), es claramente una consecuencia de la erosión, fenómeno que afecta la fertilidad de los suelos. Este concepto hace referencia a la modificación y disminución de una o más propiedades originales del recurso a través de procesos físicos, químicos y biológicos. La degradación está compuesta por etapas que se presentan en el cuadro 1 según el mismo autor.

**Cuadro 1.** Descripción de las principales fases de degradación

<b>Etapas</b>	<b>Descripción</b>
1	Destrucción gradual de características originales.
2	Pérdida de estructura por disminución de materia orgánica y compactación
3	Baja productividad

En el año 2015, se reportaron alrededor de 3600 millones de ha afectadas por problemas de degradación, lo que se refleja directamente en la producción de alimentos. Este proceso es relativamente lento y está determinado por labores agrícolas y su mal manejo. Entre las principales prácticas se encuentra el uso de maquinaria pesada, la falta de cubierta vegetal, la salinización, el uso excesivo de productos sintéticos, la agricultura extensiva y los monocultivos (Sentís, 2015; Mogollón *et al.*, 2017; Mogollón *et al.*, 2014).

El nivel de degradación de suelo se basa en los grados de erosión, es decir, en la pérdida de la capa superficial del suelo. El cuadro 2 representa los niveles en porcentaje basados en investigación de López (2001).

En general la degradación se observa en los primeros 20 cm del suelo, debido a la compactación de la capa superficial lo que provoca la destrucción de los

agregados (figura 1). Es importante mencionar que la degradación hídrica y eólica son las principales causas de improductividad de los suelos (Alejo *et al.*, 2012).

**Cuadro 2.** Grados de erosión del suelo

<b>Grados</b>	<b>Perdida de capa superficial (%)</b>
Leve	Menor al 25%
Moderada	Entre 25% y 50%
Severa	Entre 50 y 75%
Muy severa	Entre el 75 y el 100%



**Figura 1.** Degradación física del suelo

## **2.2. Abonos orgánicos**

Se le conoce como abono orgánico al producto resultante de la descomposición biológica de desechos animales y vegetales mediante la acción de organismos como bacterias, hongos, anélidos, etc., y han sido utilizados durante décadas

para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Fortis-Hernández *et al.*, 2009).

### 2.3. Compost y vermicompost en el suelo

La aplicación trae consigo beneficios a los suelos ya que al ser productos ricos en materia orgánica modifican la calidad, la estructura física y química, aportan nutrimentos, incrementan la microfauna, brindan mayor estabilidad al suelo, fomentan la formación de agregados y evitan la erosión (Beltrán *et al.*, 2017a; Toro, 2014).

Baldemar *et al.* (2017), menciona que todas las mejoras físicas traen consigo beneficios como la rápida y fácil emergencia de las semillas, plantas bien nutridas en todo su desarrollo, frutos de calidad, mejor coloración, sabor y eleva considerablemente el rendimiento de los cultivos. Por su parte, Olivares-Campos (2012a), indica que son las propiedades nutraceuticas de los frutos, y su aumento en calidad y rendimiento lo que hace del compost un abono de importancia mundial.

### 2.4. Compost

Se define como compost al material estabilizado mediante un proceso biológico en el que participan organismos aeróbicos y termofílicos quienes regulan la temperatura en el proceso, de esta forma se garantiza una adecuada desintegración de partículas complejas a

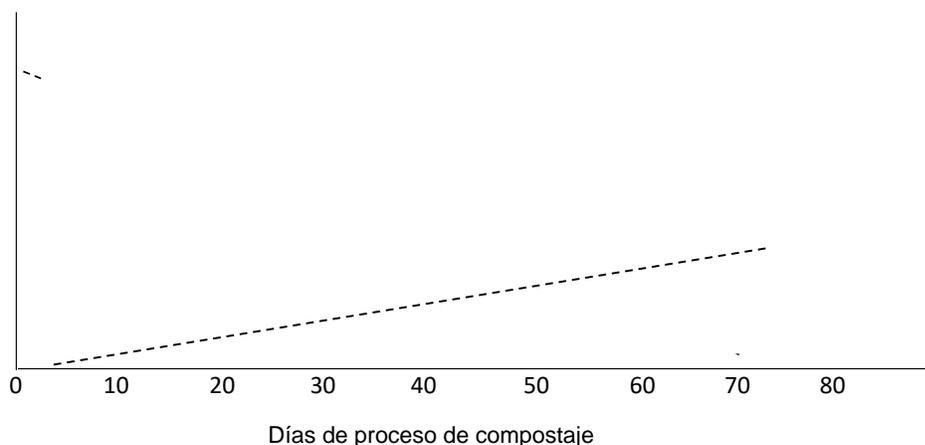


**Figura 2.-** Proceso de compostaje

otras más sencillas, el compost se considera únicamente como “enmienda orgánica”, mas no como fertilizante (Ansorena *et al.*, 2014).

En el proceso de compostaje los sustratos lábiles de plantas y animales como carbohidratos, lípidos y aminoácidos, son parcialmente descompuestos por acción de factores biológicos hasta obtener un producto final de composición variable, con altos contenidos de materia orgánica y nutrimentos, la figura 2 muestra el ciclo de la materia orgánica en el suelo (Vázquez *et al.*, 2015; Tighe-Neira *et al.*, 2014; Soto y Muñoz, 2002).

El proceso de compostaje comprende cuatro fases para ser efectiva, las cuales deben ser estrictamente verificadas para garantizar un producto final de calidad, las fases conocidas son: mesófila (20 a 35°C), termófila (35 a 65°C), enfriamiento y maduración, proceso que se lleva a cabo en un lapso de 70 días como se muestra en la figura 3 (Campos-Rodríguez *et al.*, 2016).



**Figura 3.** Días promedio de transformación (Camacho *et al.*, 2014).

Este producto se caracteriza por ser altamente humificado y por contener un elevado porcentaje de nutrimentos, lo que resulta de beneficio para el suelo. El efecto de la aplicación al suelo es muy notorio, ya que modifica considerablemente las características físicas y químicas en periodos relativamente cortos. Sin embargo, es importante mencionar que, como cualquier otro tipo de abono, la calidad, estabilidad y efecto del producto depende de la

composición de la materia prima con que fue elaborado (López-Clemente *et al.*, 2015; Pérez- Rojas *et al.*, 2015).

En estudios anteriores Muñoz *et al.* (2015a), mencionan que la aplicación de compost como enmienda para el suelo, tiene efectos importantes en cuanto a nutrición, materia orgánica y pH, pues modifica suelos ácidos a neutros, lo que mejora la disponibilidad de nutrientes y disminuye la necesidad de aplicar otros productos para modificarlo. El cuadro 3, basado en información del mismo autor, presenta la comparación de los suelos antes y después de su aplicación.

**Cuadro 3.** Nutrientes en el suelo antes y después de la aplicación (Muñoz *et al.*, 2015b)

Parámetros	Suelo inicial	Suelo después de la aplicación
pH	5.5	6.11
M.O. (%)	0.34	0.65
N total	6.82	13
P (ppm)	12	17.7
Ca (meq/100 g)	4.9	6.47
Mg (meq/100 g)	1.2	1.3
K (meq/100 g)	0.9	1.84
Na (meq/100 g)	0.47	0.75
CIC (meq/100 g)	7.47	10.36

Entre las principales aportaciones del compost al suelo la de mayor importancia es el aumento en los contenidos de MO, lo que aumenta la retención de humedad, mejora el pH y aumenta la disponibilidad de nutrientes (cuadro 4). Físicamente, mejora la infiltración del agua, la estructura del suelo, disminuye la densidad aparente, la tasa de evaporación y promueve un mejor estado

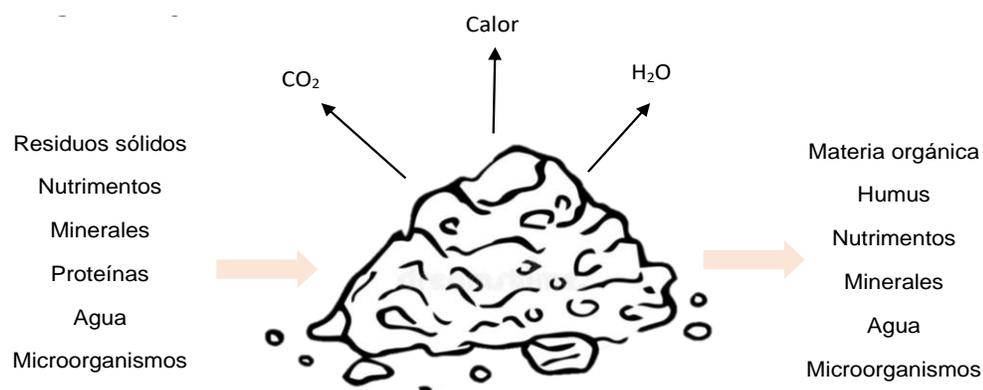
fitosanitario de las plantas, además de preservar y aumentar la fauna del suelo, lo que favorece en el proceso de mineralización (Ramos y Terry, 2014).

**Cuadro 4.** Efecto de la aplicación de compost en el suelo (Beltrán *et al.*, 2017b).

Antes de la aplicación de compost							
	pH	C.E. mS	M. O. %	N total	Textura		
					Arena %	Limo %	Arcilla %
<b>Suelo</b>	6,90	0,420	1,22	0,061	52,20	20,00	27,80
Después de la aplicación de compost							
	pH	C.E. mS	M.O. %	N total	Textura		
					Arena %	Limo %	Arcilla %
<b>Suelo</b>	6,90	0,420	2,92	0,146	54,20	17,64	28,16

#### 2.4.1. Compost de distinto origen

Las enmiendas aplicadas al suelo restituyen una porción de MO que mejora la calidad y funciones principales. Sin embargo, hay que destacar que la calidad y el efecto de la enmienda está en relación directa con las características físico-químicas del sustrato principal, el control del proceso y el periodo de madurez. En general los elementos principales del proceso no varían como se muestra en la figura 4 (Vázquez y Loli, 2018; Oviedo, 2014).



**Figura 4.** Elementos transformados en el proceso de compostaje (Rocha, 2009).

#### **2.4.1.1 Residuos sólidos urbanos biodegradables**

En la actualidad, los niveles crecientes de población y la rápida urbanización han acelerado la generación de residuos sólidos inaprovechables, por lo que se hace necesario buscar alternativas que ayuden a disminuir el impacto que tienen estos residuos en el ambiente y en la salud humana. El proceso de compostaje resulta ser de las principales actividades para disminuir el problema (Abarca-Guerrero y Hogland, 2015).

Los residuos sólidos urbanos biodegradables son en su mayoría materia orgánica resultante de cocina, jardinería, papel y cartón. Estos materiales son recolectados, transportados e inoculados con diferentes microorganismos para ser transformados mediante el proceso de compostaje, en enmiendas para el suelo, disminuyendo su impacto al ser vertidos en contenedores sin uso apropiado (Armitano *et al.*, 2016).

#### **2.4.1.2. Residuos sólidos rurales biodegradables**

Las actividades agropecuarias son las principales fuentes de desechos sólidos considerados como rurales. Dentro de esta clasificación están los estiércoles, residuos de cosecha, vegetales no redituables, poda, malezas, plumas de aves, etc., lo que desde el punto de vista económico resulta de interés debido a su utilización en el tratamiento de suelos, disminuyendo los costos de producción para el agricultor y mejorando las características del suelo para nuevas plantaciones. En un trabajo realizado por Bohórquez *et al.* (2014), evaluó la calidad del compost elaborado a partir de subproductos de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, donde el producto obtenido se considera de calidad y con altos índices de nutrimentos como N, P, Ca, Mg, K, Fe, Co, Mg y Zn disponibles para la planta.

Por su parte De La Cruz (2018), en trabajos realizados con residuos de maíz y estiércol determinó un aumento en cuanto a MO, N, P, K, Ca y Na.

Contreras *et al* (2014), menciona que los desechos domésticos y de poda al pasar por el proceso de compostaje reflejan valores más altos en comparación con

otras materias primas tratadas de la misma forma. El cuadro 5 muestra algunas materias utilizadas en el proceso de compostaje.

**Cuadro 5.** Insumos orgánicos utilizados (López, 2006).

<b>Residuo sólido biodegradable</b>	<b>Aportación</b>
Residuos de cosecha.	
Vegetales verdes	
Contenido ruminal	
Plumas de aves	
Aserrín	Materia orgánica, N, P, C, H, O,
Paja	S, K, Ca y otros elementos
Tamo	
Bagazo de caña	
Fibra de coco	
Fibra de café	
Melaza.	

## **2.5. Vermicompost**

En México, la ganadería de bovinos lecheros es una de las principales actividades productivas, esta actividad genera alrededor 925 000 toneladas de estiércol por año, lo que ocasiona la contaminación de mantos freáticos y del suelo, al ocasionar un aumento en la concentración de nitratos (Figueroa-Viramontes *et al.*, 2010).

Los estiércoles se pueden catalogar desde dos puntos de vista, en el primero, representan una enorme fuente de contaminantes y daño al ambiente debido a su concentración de gases y a la lixiviación de nutrientes a el agua subterránea, mientras que, en el segundo, representan una potencial industria, ecológica y económica, si se considera su alto contenido de nutrimentos que pueden ser reciclados y aplicados al suelo, después de un proceso de descomposición (Olivares-Campos *et al.*, 2012b).

La aplicación de estiércol tratado mediante lombriz a los suelos agrícolas trae beneficios a suelos degradados ya que mejora las características como estructura, conductividad hidráulica, infiltración, contenido de materia orgánica y con ello la actividad microbiana, la CIC, y mejoran el pH. Estos beneficios han favorecido el uso del estiércol (Quiroga-Garza *et al.*, 2010).

El proceso de vermicompostaje constituye una forma especial de compostaje y se logra cuando lombrices *Eisenia foetida* (Figura 5) metabolizan y excretan suelo y materia orgánica transformada en el sistema digestivo a un producto más estable (Pereira y Arruda, 2003).



**Figura 5.** Lombriz *Eisenia foetida*

Es un abono producido a partir de compuestos orgánicos, utilizado como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato no contaminante. Contiene sustancias activas que actúan como reguladoras de crecimiento, poseen gran Capacidad de Intercambio Cationico, así como un alto contenido de ácidos húmicos, además mejoran la capacidad de retención de humedad y porosidad elevada que facilita la aireación y drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007).

Los productos orgánicos, tanto sólidos como líquidos, generados en el proceso mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Estos productos

aportan nutrientes que la biomasa microbiana utiliza para su mantenimiento y reproducción. El incremento de la biomasa microbiana es importante debido a que favorece la mineralización de la materia orgánica, liberando nutrientes al suelo disponibles para el cultivo (Ramírez *et al.*, 2015).

Trejo-Escareño *et al.* (2013), menciona que al utilizar este producto se obtienen ventajas al disminuir costos de producción al reducir la aplicación de productos sintéticos, lo que ocasiona un aumento en la calidad del suelo y de los productos agrícolas cultivados.

### 2.5.1. Tipos de vermicompost

En el proceso de vermicompostaje se han utilizado diferentes materias primas, esta tecnología surgió debido a la necesidad de disminuir los contaminantes sólidos generados por las actividades del hombre aprovechando las características de la lombriz para degradar y estabilizar las moléculas. En la actualidad se han utilizado de manera exitosa residuos de la industria ganadera, agrícola, alimentaria, farmacéutica, forestal, papelera, azucarera, vitivinícola, entre otras (figura 6) (Villegas-Cornelio y Laines, 2017).



**Figura 6.** Transformación de residuos mediante vermicompostaje.

Huacha *et al.* (2019), en estudios realizados con *Eisenia hortensis* evaluó la capacidad de la lombriz para adaptarse, digerir y transformar desechos de frutas, verduras y estiércol de caballo donde concluyó que *E. hortensis* modifica notoriamente las propiedades físico-químicas de los residuos. El cuadro 6 en base a la información obtenida por el mismo autor representa las modificaciones adquiridas.

**Cuadro 6.** Modificación de las propiedades químicas en el producto final

Tratamiento	Propiedad	Día 0	Día 60
Estiércol de caballo	pH	8.13	7.50
	Conductividad eléctrica	1284.00	1153.00
Frutas y verduras	pH	4.40	7.19
	Conductividad eléctrica	1063.00	2100.00

En estudios similares realizados por Mamani-Mamani *et al.* 2012, se evaluó la calidad del compost obtenido de la transformación de estiércol bovino y residuos de cocina mediante el uso de *Eisenia fetida*. El cuadro 7 muestra los resultados en cuanto a modificaciones físicas y químicas obtenidas.

**Cuadro 7.** Composición química del vermicompost obtenido.

Parámetro	Estiércol	Residuo de cocina
Materia orgánica (%)	45.50	29.70
Nitrógeno total (%)	2.31	2.45
Fósforo (ppm)	220	500
Potasio (ppm)	2.76	27.43
pH	7.10	8.40
Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	2.30	8.00

Cabe mencionar que en el proceso comúnmente se utiliza estiércol, sin embargo, es importante considerar que la calidad del producto final está en relación directa con el origen (bovino, equino, caprino...) edad, alimentación, manejo y estado del estiércol (Salazar-Sosa *et al.*, 2007).

A pesar de ello, el abono obtenido, independientemente su origen tiene un uso incomparable en la recuperación de suelos degradados (Singh y Suthar, 2012).

## 2.6. Recuperación de suelos degradados mediante el uso de compost y vermicompost como enmienda.

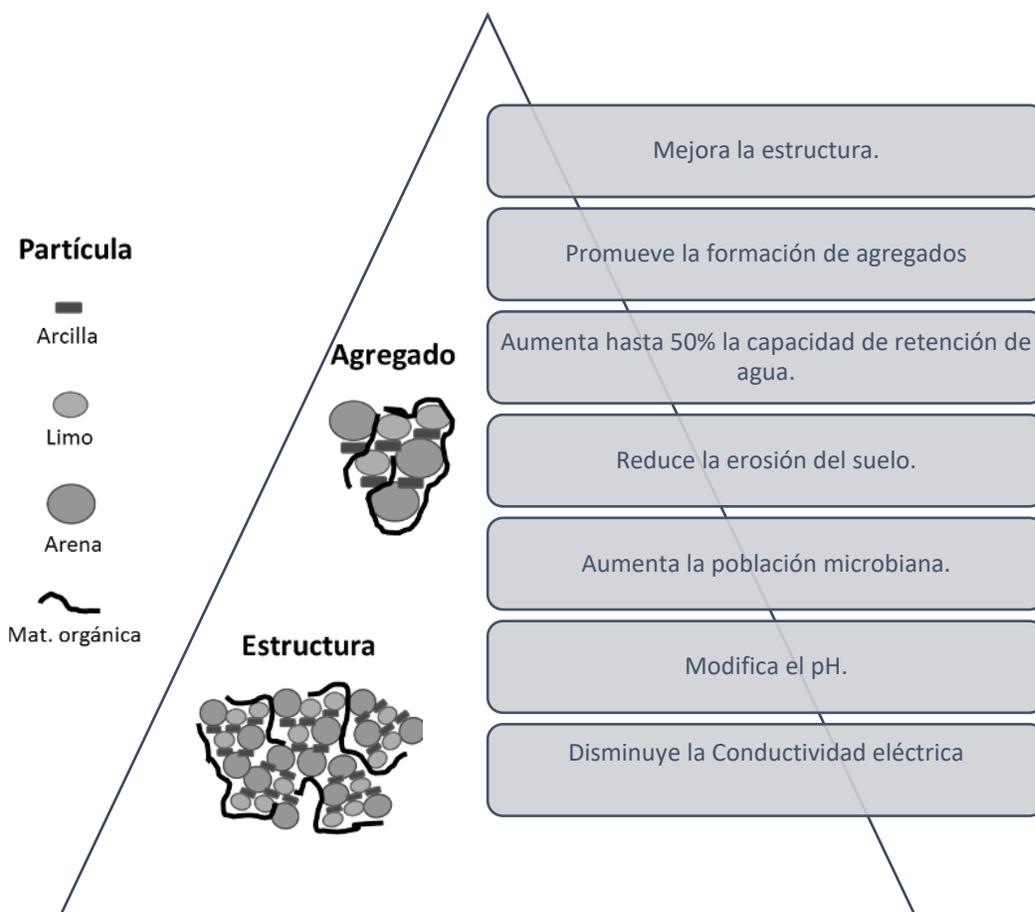
La degradación de suelos es ocasionada por factores externos diversos que han puesto en peligro la sostenibilidad del recurso, por lo que es necesario realizar actividades que disminuyan la pérdida de calidad y productividad (Flórez, 2020).

Munive *et al.* (2018), menciona que mediante la recuperación de suelos se reestablecen las funciones principales, así como las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Por lo que las enmiendas orgánicas funcionan como remediadoras directas (figura 7).

De acuerdo con lo anterior, Madejón *et al.* (2016), en investigaciones sobre calidad de compost, menciona que este producto es utilizado como enmienda para suelos degradados lo que se refleja en un aumento de calidad y productividad, sin embargo, es necesario utilizar materiales de calidad para su transformación. Como se ha mencionado con anterioridad la aplicación de enmiendas orgánicas mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo, en la figura 8 se muestran las principales.



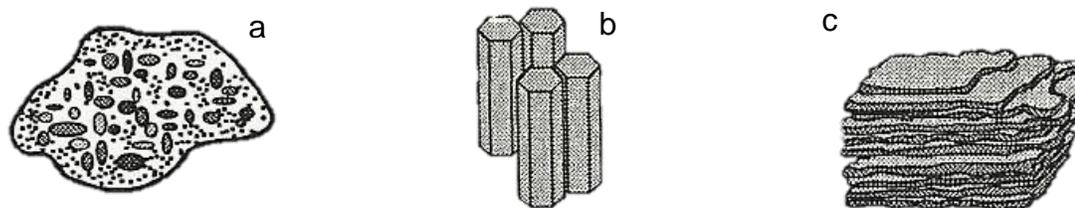
**Figura 7.** Aplicación de compost como enmienda orgánica.



**Figura 8.** Modificación de las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el uso de enmiendas orgánicas (Nina, 2014; Numpaque y Viteri, 2016).

- Mejora la estructura del suelo

Durante el proceso de degradación de un suelo, las partículas colapsan y forman nuevas estructuras que afectan propiedades físicas como la retención, la infiltración, la aireación, etc. Osuna-Ceja *et al.* (2006), menciona que la estructura determina la calidad del suelo, al estar íntimamente relacionada con la porosidad y la formación de agregados por lo que es indispensable su recuperación, la figura 9 basada en información del mismo autor expone tres tipos distintos de estructura.



**Figura 9.** Estructura del suelo: a) granular, b) prismática, c) placas.

Un agregado según lo descrito por Cardona *et al.* (2016), es un conjunto de partículas de arena, limo y arcilla que en participación con la materia orgánica y mediante fuerzas de atracción se unen para formar agregados, y posteriormente la estructura del suelo.

Por lo anterior, la materia orgánica aplicada mediante enmiendas al suelo desempeña una función importante al actuar como enlace en la formación de agregados, y en la recuperación de estructura lo que permite mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo (Velázquez-Rodríguez *et al.*, 2001).

### 3. DISCUSIÓN

En las últimas décadas, en todo el mundo, la generación de residuos sólidos ha ido en aumento potencial, Chávez-Arias *et al.* (2019), en estudios anteriores indica que la generación de residuos sólidos biodegradables es de alrededor del 44 al 52% del total de residuos sólidos generados, lo que se transforma en una fuente de importante de reservorios contaminates.

Debido a ello, se ha dado mayor énfasis a los desechos urbanos, domésticos, animales y/o agroindustriales producidos en masa en todo el mundo, principalmente en países desarrollados, los cuales, debido a su composición y su mal manejo son considerados contaminantes (Hernández *et al.*, 2010a).

Carvajal y Mera (2010), mencionan que debido a la problemática de pérdida de suelos se ha hecho necesaria la creación de nuevos sistemas de producción agrícola que permitan obtener resultados favorables sobre la sostenibilidad y la producción de alimentos.

En relación a lo anterior Trinidad-Santos y Velasco-Velasco (2016), mencionan que dentro de los sistemas de producción y conservación se encuentra la aplicación de enmiendas orgánicas al suelo que mejoran sus propiedades físicas, químicas y biológicas, por lo que el compost y el vermicompost juegan un papel importante en la recuperación de la calidad y estabilidad del suelo.

De acuerdo con Chong-Qui (2019), estas enmiendas al ser agregadas al suelo modifican las características y proporcionan nutrimentos. Por su parte, Hernández *et al.* (2010b), mencionan que se mejora la fertilidad biológica de los suelos, y las propiedades físicas y químicas de los mismos.

Garro (2016), describe que el uso de materia orgánica en el tratamiento de la erosión y pérdida de suelo es una de las prácticas de mayor importancia debido a las mejoras directas e indirectas que ocasiona.

Por lo anterior, se considera que el uso de enmiendas orgánicas en la recuperación de suelos degradados es el primer paso en la recuperación del recurso.

#### **4. CONCLUSIÓN**

Debido al aumento poblacional día a día el número de desechos sólidos orgánicos es más grande, es por ello que las enmiendas como el compost y el vermicompost se han utilizado con la finalidad de disminuir el impacto de los residuos sólidos inaprovechables, así como en la recuperación de suelos degradados. La gestión adecuada de los recursos sólidos orgánicos en general, contribuye de forma sustentable y sostenible en la protección de suelo del medio ambiente.

La aplicación de enmiendas orgánicas en la actualidad es una alternativa viable para la agricultura, por su carácter amigable tanto con la salud humana como para el medio ambiente, así como su fácil elaboración y aplicación por la sociedad.

## **5. RECOMENDACIONES**

La recomendación principal está en relación con la pérdida de suelos, ya que es indispensable conocer el tipo de degradación, el grado de erosión y las prácticas utilizadas como manera preventiva. Por lo que es indispensable realizar investigación y proporcionarla a los agricultores para evitar niveles severos de erosión y pérdida de productividad.

Por otra parte, cabe mencionar que los productos orgánicos resultantes son de alta efectividad y múltiples beneficios dentro de la agricultura, sin embargo, no toda la sociedad conoce sus benéficos, por lo que es recomendable dar a conocer la información de manera precisa, así como talleres de elaboración de compost y vermicompost a la población en general.

Así mismo, se recomienda realizar experimentos que sirvan para obtener nueva información sobre el actuar de las enmiendas en el suelo.

## 6. LITERATURA CITADA

- Abarca-Guerrero, L. M. G. y Hogland, W. 2015. Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo. *Revista Tecnología en Marcha*, 28(2), 141-168.
- ALEJO S., G., SALAZAR J., F., GARCIA P., J. D., ARRIETA R., B. G., JIMENEZ M., V. M. y SANCHEZ M., A. L. 2012. DEGRADACION FISICO-QUIMICA DE SUELOS AGRICOLAS EN SAN PEDRO LAGUNILLAS, NAYARIT. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*.
- Armitano, A., García, G., Liscano, P., López, I., Moreno, R., Pacheco, C. y Ramírez, P. 2016. Programa de aprovechamiento y tratamiento de los residuos sólidos doméstico del sector Care de Guatire, Estado Miranda, Venezuela. *Multiciencias*, 16(3),248-258.
- Ansorena J., E y Merino, D. 2014. Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos, enmiendas y abonos orgánicos.
- Baldemar, H. O., Sánchez, H. R., Ordaz, C. V., López, N. U., Estrada, B. M. y Pérez, M. M. 2017. Uso de compostas para mejorar la fertilidad de un suelo Luvisol de ladera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (6), 1273-1285.
- Beltrán, S. M. A., Álvarez, F. G., Pinos, R. J. M., García, L. J. C. y Castro, R. R. 2017. Abonos obtenidos del compostado de heces de ganado bovino de leche vs. fertilizante en la producción de triticale (X *Triticum secale* Wittmack). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(1), 95-104.
- Bohórquez, A., Puentes, J. y Menjívar F., J. C. 2014. Evaluación de la calidad del compost producido a partir de subproductos agroindustriales de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, ISSN-e 0122-8706, Vol. 15, Núm. 1, 2014, págs. 73-81

- Camacho, A. D., Martínez, L., Ramírez S. H., Valenzuela, R. y Valdés, M. 2014. Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 291-300.
- Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L. y Jiménez-Morales, M. F. 2016. Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología en Marcha*, 29 (5), 25-32. <https://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>
- Cardona, W. A., Bolaños B., M. M. y Chavarriaga M., W. 2016. Efecto de fertilizantes químicos y orgánicos sobre la agregación de un suelo cultivado con *Musa acuminata*. *Acta Agronómica*, 65(2), 144-148. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.44493>.
- Carvajal M., J. S. y Mera. B., A. C. 2010. Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. Vol.5, No.2
- Castillo, J., y Amésquita, E. 2003. EROSIÓN HÍDRICA Y DEGRADACIÓN DE SUELOS EN LADERAS ANDINAS. *Revista De Ciencias Agrícolas*, Vol. 20(1 y 2).
- CONTRERAS, J.L., ROJAS, J., ACEVEDO, I. y ADAMS, M. 2014. Caracterización de las propiedades físicas y bioquímicas del vermicompost de pergamino de café y estiércol de bovino. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, Vol. 1. pp. 489-501.
- Coronado, R. D. O. 2017. Incidencia De Biol Y Bocashi En La Recuperación De La Fertilidad Y Edafofauna De Suelos Agrícolas Degradados De La Parroquia Mariano Acosta-Imbabura. UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.
- Chaves-Arias, R., Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L. y Jiménez-Morales, M. F. 2019. Compostaje de residuos sólidos biodegradables del restaurante institucional del Tecnológico de Costa Rica. *Revista*

Tecnología en Marcha, 32(1), 39-53.  
<https://dx.doi.org/10.18845/tm.v32i1.4117>

- Chong-Qui C., J. P. 2019. Evaluación de tres tipos de compost en el rendimiento del cultivo de nabo (*Brassica rapa* L.). Tesis de grado.
- De La Cruz, L., M. P. 2018. Fuentes de microorganismos en el compostaje de residuos de cosecha de maíz con estiércol de vacuno, Canaán 2735 msnm – Ayacucho. Tesis de grado
- Figueroa-Viramontes, Uriel, Cueto-Wong, José A., Delgado, Jorge A., Núñez-Hernández, Gregorio, Reta-Sánchez, David G., Quiroga-Garza, Héctor M., Faz-Contreras, Rodolfo, & Márquez-Rojas, José L.. (2010). Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 361-369.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodriguez, J. A., Preciado-Rangel, P., Orona-Castillo, I., García-Salazar, J. A., García-Hernández, J. L. y Orozco-Vidal, J. A. 2009. APLICACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO CON RIEGO POR GOTEO. *Terra Latinoamérica* Vol. 27 (2).
- Flórez, M. E. 2020. EL VERMICOMPOST, UNA ALTERNATIVA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS. Universidad Militar Nueva Granada.
- Garro A., J. E. 2016. EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria INTA.
- Hang, S., Castán, E., Negro, G., Daghero, A., Buffa, E., Ringuélet, A., Satti, P. y Mazzarino, M.J. 2015. Compostaje de estiércol de feedlot con aserrín/viruta: características del proceso y del producto final. *AGRISCIENTIA*. Vol. 32:(1). Pp. 55-65.
- Hernández, J., Mármol, L., Guerrero, F., Salas, E., Bárcenas, J., Polo, V. y Colmenares, V. 2010. Caracterización química, según granulometría, de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con

residuos de fruto de la palma aceitera. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 27: 451-491-520.

Huaccha, A. E., Fernández, F.H., Quiroga, S. y Álvarez B. 2019. Uso de la *Eisenia hortensis* (lombriz de tierra) en el vermicompostaje de residuos orgánicos. Revista Pakamuros, Año 7, Número 2, páginas 32-40

Jacobo, S. M del R., Figueroa, V. U., Maciel, T, S. P., López, R. L. L. y Muñoz, V. A, 2017. ELEMENTOS MENORES EN COMPOSTA PRODUCIDA A PARTIR DE ESTIÉRCOL DE ENGORDA Y RASTROJO DE MAÍZ. AGROFAZ. Vol. 17. No. 2. Pp 61-71.

Jaramillo B., Camilo, E., Natalia, E., y Romero, J. N. J. 2016. Efecto de abonos orgánicos en la productividad de alimentos base de agricultura familiar: maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agronomía Colombiana. Vol. 34:(1). pp 770 – 772.

López M. J. D., Díaz E. A., Martínez R. E., Valdez C. R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz Terra Latinoamericana, vol. 19, núm. 4. 293-299 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México

López, O. 2006. Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico. UPTC.

López R., M. 2001. Degradación de suelos en Sonora: el problema de la erosión en los suelos de uso ganadero. *Región y sociedad*, 13(22), 73-97.

López-Clemente, X., Robles-Pérez, C., Velasco-Velasco, V., Ruiz-Luna, J., Enríquez-del Valle, J. y Rodríguez-Ortiz, G. 2015. Propiedades físicas, químicas y biológicas de tres residuos agrícolas compostados. *Ciencia Ergo Sum*, 22 (2), 145-152.

Madejón, E., Díaz-Blanco, M. Domínguez, M. T., Madejón, P. y Cabrera, F. 2016. Mejora de la sostenibilidad en la recuperación de suelos contaminados y degradados mediante el uso de compost y la valorización energética de *Paulownia fortune*. Red Española de Compostaje.

- Mamani-Mamani, G., Mamani-Pati, F., Sainz-Mendoza, H. y Villca-Huanaco, R. 2012. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia spp.*) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. *Journal of the Selva Andina Research Society* 3(1):44-54.
- Mogollón, J. P., Martínez, A. y Rivas, W. 2014. DEGRADACIÓN QUÍMICA DE SUELOS AGRÍCOLAS EN LA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ, VENEZUELA. *SUELOS ECUATORIALES*. Vol. 44 Núm. 1.
- Mogollón, J. P., Rivas, W., Rivas, J. G. y Martínez, A. 2017. PROCESOS DE DEGRADACIÓN DE SUELOS ASOCIADOS A LA DESERTIFICACIÓN EN LA PENÍNSULA DE PARAGUANÁ, VENEZUELA. Vol. 3(2).
- Munive C., R., Loli F., O., Azabache L., A. y Gamarra S., G. 2018. Fitorremediación con Maíz (*Zea mays L.*) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 551-560. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.11>
- Muñoz C. J. M., Muñoz P. J. A. y Montes R. C. 2015. EVALUACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS UTILIZANDO COMO INDICADORES PLANTAS DE LECHUGA Y REPOLLO EN POPAYAN, CAUCA. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol. 13 No. 1, pp. 73-82.
- Nina C., O. A. 2014. Efecto del abonamiento con dos tipos de preparación de compost en el rendimiento de cuatro variedades de repollo (*Brassica oleracea l. var. capitata*) en K' ayra- cusco. Tesis de grado.
- Numpaque P., R. V. y Viteri R., S. E. 2016. Biotransformación del pelo residual de curtiembres. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 95-105. <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.56>
- Olivares-Campos, MA, Hernández-Rodríguez, A, Vences-Contreras, C, Jáquez-Balderrama, JL, y 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.

- Osuna-Ceja, E. S., Figueroa-Sandoval, B., Oleschko, K., Flores-Delgadillo, Ma. De L., Martínez-Menes, M. R. y González-Cossío, F. V. 2006. Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia*, 40(1), 27-38.
- OVIEDO O., E. R., MARMOLEJO R., L. F., y TORRES L., P. 2014. Influencia de la frecuencia de volteo para el control de la humedad de los sustratos en el compostaje de biorresiduos de origen municipal. *Rev. Int. Contam. Ambient.* Vol.30, n.1, pp.91-100. ISSN 0188-4999.
- Pereira, G. M. y Arruda, Z. M. A. 2003. Vermicompost as a natural adsorbent material : characterization and potentialities for cadmium adsorption. *Journal of the Brazilian Chemical Society*.
- Pérez F., A. R., Ruiz M., M., Lobato C., M. O., Pérez V., L. y Rodríguez S., P. 2018. SUSTRATO BIOFÍSICO PARA AGRICULTURA PROTEGIDA Y URBANA A PARTIR DE COMPOST Y AGREGADOS PROVENIENTES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 34(3), 383-394. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.03.02>
- Pérez-Rojas, F., León-Quispe, J. y Galindo-Cabello, N. 2015. Actinomicetos aislados del compost y su actividad antagonista a fitopatógenos de la papa (*Solanum tuberosum* spp. andigena Hawkes). *Revista mexicana de fitopatología*, 33(2), 116-139.
- Quiroga-Garza, H.M, Cueto-Wong, J. A, y Figueroa-Viramontes, U. 2011. EFECTO DEL ESTIÉRCOL Y FERTILIZANTE SOBRE LA RECUPERACIÓN DE 15N Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. *Terra Latinoamericana*, 29(2), 201-209.
- Ramírez, G. MG., Chávez-García , MA. y Mejía-Carranza, J. 2015. Evaluación de un vermicompost y lixiviados en Solidago x híbrida, y mineralización de C orgánico en incubaciones aerobias. *Revista Internacional de Botánica Experimental*, 397-406

- Ramos, A. D. y Terry, A. E. 2014. GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS: IMPORTANCIA DEL BOCASHI COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL PARA SUELOS Y PLANTAS. *Cultivos Tropicales*, 35 (4), 52-59.
- Rocha, A. 2009. Estudio de diferentes tipos de inóculos en la elaboración de compost a partir de desechos domésticos orgánicos.
- Rodríguez-Dimas, N., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., de Paul-Álvarez, V., Palomo-Gil, A., . . . Moreno-Reséndez, A. 2007. Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 185-192
- Salazar-Sosa, E., HI Trejo-Escareño, C Vázquez-Vázquez, JD López-Martínez. 2007. Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Revista Internacional de BOTANICA EXPERIMENTAL. ΦΥΤΟΝ* 76
- Sentís, P. I. 2015. Problemas de degradación de suelos en el mundo: causas y consecuencias. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- Singh, D. y Suthar, S. 2012. Vermicomposting of herbal pharmaceutical industry waste: earthworm growth, plant-available nutrient and microbial quality of end materials. *Bio. Technol.* 112:179-185.
- Soto, G. y Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica. Sección Agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)* No. 65. pp 123 – 129.
- Tighe-Neira, R., Leonelli-Cantergiani, G., Montalba-Navarro, R., Cavieres-Acuña, C. y Morales-Ulloa, D. 2014. CARACTERIZACIÓN DE COMPOST A BASE DE ESPINILLO EN RELACIÓN A LA NORMA CHILENA No2880. *Agronomía Mesoamericana*, 25 (2), 347-355.

- Toro C., F. 2014. Efecto de cuatro tipos de activadores biológicos locales en la calidad del compost en la comunidad de corpa municipio de Tiahuanaco provincia Ingavi departamento de la paz. Tesis de grado
- Trejo-Escareño, H. I., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. D. y Vázquez-Vázquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 727-738.
- Trinidad-Santos, A. y Velasco-Velasco, J. 2016. IMPORTANCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO. *Agroproductividad*: Vol. 9, Núm. 8, agosto. 2016. pp: 52-58.
- Vázquez, V. P., García, L. MZ., Navarro, C. MC. García, H. D. 2015. EFECTO DE LA COMPOSTA Y TÉ DE COMPOSTA EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE TOMATE (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) EN INVERNADERO. *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 36, pp. 1351-1356.
- Vázquez, J. y Loli, O. 2018. Compost y vermicompost como enmiendas en la recuperación de un suelo degradado por el manejo de *Gypsophila paniculata*. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 43-52. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.05>
- Velázquez-Rodríguez, A. S., Flores-Román, D. y Acevedo-Sandoval, O. A. 2001. FORMACIÓN DE AGREGADOS EN TEPETATE POR INFLUENCIA DE ESPECIES VEGETALES. *Agrociencia* 35: 311-320.
- Villegas-Cornelio, V. M. y Laines C., J. R. 2017. Vermicompostaje: II avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), 407-421. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.60>