



---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC**  
**LICENCIATURA DE INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS CON DESECHOS DE  
HORTALIZAS Y SU UTILIZACIÓN EN SUELOS DE PASTIZALES NATURALES  
EN EL PEÑÓN, TEMASCALTEPEC ESTADO DE MÉXICO**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:**

**LIZBETH MACEDO AVILES**

**ASESORA:**

**DR. EN. C FRANCISCA AVILES NOVA**

**SEPTIEMBRE 2023**

## Índice

I. Introducción	1
II. Revisión de literaria	2
2.1. Importancia de los suelos.	2
2.2. Situación del suelo en México.	2
2.3. El suelo y sus propiedades.	6
2.5. <i>Fuentes de humus para el suelo.</i>	18
2.6. Abonos orgánicos.	23
2.7 Utilización de desechos de hortalizas en la agricultura.	24
2.8 Cobertura terrestre	25
III. Problemática	28
IV. Justificación	29
V. Pregunta de investigación	30
VI. Hipótesis	31
VII. Objetivos	32
VIII. Materiales y métodos.	33
8.7 Mediciones de variables de estudio	37
IX. Resultados y discusión	56
9.1 Características físicas del suelo antes de la aplicación de los tratamientos	56
9.2. Características químicas del suelo antes de la aplicación de tratamientos	57
9.3 Características químicas de los sustratos (compost)	59
9.4 Características físicas de los suelos del pastizal después de la aplicación de los tratamientos.	65
9.5 Cobertura forrajera	76
X. Conclusiones	78
XI. Recomendaciones	79
XII. Bibliografía consultada	80

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Tipos de erosión en México	3
Ilustración 2 Grados de erosión en México	4
Ilustración 3 Formas de erosión.	5
Ilustración 4 Indicador Integrado de Degradación del Recurso Edáfico	5
Ilustración 5 Triángulo de texturas	8
Ilustración 6 ciclo del nitrógeno	13
Ilustración 7 ciclo el fósforo	14
Ilustración 8 Mapa de cobertura de suelo en México	27
Ilustración 9 Distribución de los tratamientos en el área experimental	34
Ilustración 10 Pesaje de materiales para la elaboración de compostas	36
Ilustración 11 Elaboración de composta	36
Ilustración 12 Aplicación de tratamientos	37
Ilustración 13 Determinación de textura del suelo.	40
Ilustración 14 Determinación de color del suelo.	41
Ilustración 15 Determinación de densidad real del suelo.	43
Ilustración 16 Determinación de materia orgánica y carbono orgánico del suelo y compostas.	46
Ilustración 17 Determinación de materia orgánica y carbono orgánico del suelo y compostas.	47
Ilustración 18 filtración de muestra para trabajar en el fotómetro.	53
Ilustración 19 determinación de potasio.	53
Ilustración 20 cobertura terrestre previo a la aplicación de los tratamientos	54
Ilustración 21 medición de cobertura terrestre	54

## ÍNDICE DE TABLAS.

Ilustración 1 Tipos de erosión en México	3
Ilustración 2 Grados de erosión en México	4
Ilustración 3 Formas de erosión.	5
Ilustración 4 Indicador Integrado de Degradación del Recurso Edáfico	5
Ilustración 5 Triángulo de texturas	8
Ilustración 6 ciclo del nitrógeno	13
Ilustración 7 ciclo el fósforo	14
Ilustración 8 Mapa de cobertura de suelo en México	27
Ilustración 9 Distribución de los tratamientos en el área experimental	34
Ilustración 10 Pesaje de materiales para la elaboración de compostas	36
Ilustración 11 Elaboración de composta	36
Ilustración 12 Aplicación de tratamientos	37
Ilustración 13 Determinación de textura del suelo.	40
Ilustración 14 Determinación de color del suelo.	41
Ilustración 15 Determinación de densidad real del suelo.	43
Ilustración 16 Determinación de materia orgánica y carbono orgánico del suelo y compostas.	46
Ilustración 17 Determinación de materia orgánica y carbono orgánico del suelo y compostas.	47
Ilustración 18 filtración de muestra para trabajar en el fotómetro.	53
Ilustración 19 determinación de potasio.	53
Ilustración 20 cobertura terrestre previo a la aplicación de los tratamientos	54
Ilustración 21 medición de cobertura terrestre	54

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar las características físicas y químicas de abonos orgánicos elaborados con diferentes niveles de desechos de hortalizas mezclados con estiércol de bovino y su uso en suelos degradados de pastizales naturales en el Ejido de El peñón Temascaltepec México. Se midieron las variables de textura, color, densidad aparente, densidad real y porosidad, pH, materia orgánica, carbono orgánico, nitratos, amonio, fósforo y potasio en los tratamientos y suelos. Se evaluaron 3 tratamientos T1: 25% desechos de hortalizas y 75% heces pecuarias, T2: 50% desechos de hortalizas y 50% heces pecuarias, T3 75% desechos de hortalizas y 25% heces pecuarias y un testigo (T4) suelos sin aplicación de tratamiento, cada tratamiento fue aplicado en 3 miro-parcelas de 4m<sup>2</sup> con una dosis de 1.5 toneladas por hectárea, el tiempo de duración del experimento fue de 60 días. Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar y se aplicó una prueba de TUKEY ( $P < 0.05$ ) para diferencia múltiple de medias. El color del suelo cambio de un color café-rojizo a un café-amarillento después de la aplicación de los tratamientos. Los resultados indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos (T1, T2 y T3) comparándolos con el T4 ( $P < 0.05$ ). El carbono orgánico en tratamientos 1, 2 y 3 presento diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ), el T1 presento 2.53%, T2: 2.53%, T3: 2.61% y T4: 0.89% de carbono orgánico. La materia orgánica presentó diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ) el T1 presento 4.36%, T2: 4.36%, T3: 4.87% y T4 1.54% de materia orgánica. El nitrógeno disponible en forma de amonio presento diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ), el T1 presento 0.52 mg/l, T2: 1.58 mg/l, T3: 0.23 mg/l, T4: 0.11 mg/l de nitrógeno disponible en forma de amonio. Los nitratos en forma del nitrógeno presentaron diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ) el T1 presento 8.9 mg/l, T2: 8.75 mg/l, T3: 4.9 mg/l, T4: 1.93 mg/l de nitratos en forma del nitrógeno. El contenido de potasio presento diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ) el T1 presento 17.1 mg/l, T2: 16.85 mg/l, T3: 24.15 mg/l, T4: 1.31 mg/l. El contenido de fósforo presento diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ) el T1 presento 0.53 mg/l, T2: 0.63 mg/l, T3: 0.63 mg/l, T4:

0.06 mg/l. El pH al iniciar el experimento fue moderadamente ácido en los suelos de los pastizales, al final se obtuvieron datos que representan una mejora obteniendo un pH neutro. La cobertura forrajera de T1 fue del 80%, T2 65%, T3 90% y T4 30%. Se concluye que la aplicación de compostas elaboradas con distintos porcentajes de desechos de hortalizas y heces de bovino es una forma de regeneración de suelos degradados, así como una buena forma de reciclar estos insumos que en la mayoría de los casos no son utilizados ni tratados para su buen aprovechamiento.

## I. INTRODUCCIÓN

Los procesos y los riesgos de degradación del medio ambiente van siendo percibidos por sectores sociales cada vez más amplios, lo que ha llevado a que se les preste mayor atención, para aminorarlos o evitarlos. Los suelos constituyen uno de los factores más importantes en el equilibrio global de la biosfera, hacen posible el crecimiento de las plantas al suministrarles anclaje, agua y nutrientes y por ello la vida en el planeta en su forma actual. Procesos como la erosión, la salinización, la contaminación, el deterioro de propiedades físicas o la disminución de la fertilidad, pueden provocar la degradación de un territorio. La vida y los medios de vida sobre la tierra, a nivel general, dependen de la capacidad de los suelos para producir (Porta, 1999).

Los suelos son el fundamento para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, suministrando a las plantas nutrientes, agua y soporte, funcionando como el mayor filtro y tanque de almacenamiento de agua en la Tierra (Hernández, 2002).

Los residuos orgánicos que se pueden generar en las diferentes actividades de las sociedades de consumo son variados: como las sobras de comida, hojas, restos del jardín, papel, cartón, madera y materiales biodegradables que producen contaminación si no se tratan adecuadamente. Una manera de que se puedan utilizar estos residuos orgánicos es mediante la transformación en composta, mediante un proceso de degradación controlado, que los convierte en un excelente mejorador de suelos (Dimas, 2001).

En esta investigación se utilizaron residuos de una verdulería para la elaboración de compost con distintas proporciones mezclado con estiércoles pecuarios, que finalmente fueron aplicadas para el incremento de materia orgánica en suelos de distintas praderas, para generar un incremento de nutrientes que fueron aprovechados por los distintos tipos de pastos que están establecidos en estas praderas, incrementando un buen desarrollo de las plantas para una mejor eficiencia y aprovechamiento de la pradera.

## **II. REVISIÓN DE LITERARIA**

### **2.1. Importancia de los suelos.**

La sociedad consume aproximadamente un 95% de alimentos que en forma directa o indirecta se producen en el suelo, es posible afirmar, que la disponibilidad de alimentos está supeditada o depende del suelo y por ello se tiende a creer que es la única función que cumple este recurso natural. (Serrano, 2016)

Para garantizar la seguridad alimentaria, la producción de alimentos agrícolas debe de provenir de un suelo sano, que es aquel que no tienen limitaciones físicas, químicas o biológicas, con una productividad agrícola sostenible y con un mínimo deterioro ambiental, a su vez teniendo un suelo sano se aporta a la reducción del cambio climático porque tiene gran capacidad para fijar carbono y evitando que este elemento vaya a la atmósfera. (Serrano, 2016)

Una tercera parte de la superficie terrestre está dedica para la agricultura, por tal motivo está obligada a producir alimentos nutritivos que sean suficientes para toda la población, a medida que pasa el tiempo la población tiende a incrementar, por consiguiente, la exigencia de la producción de alimentos es mayor. (Serrano, 2016)

Teniendo una buena producción de alimentos nutritivos se ofrece a la sociedad una buena seguridad alimentaria en donde se garantiza que las personas tienen en todo momento acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades alimentarias para poder llevar una vida sana. Los suelos son el fundamento para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, suministrando a las plantas nutrientes, agua y soporte, funcionando como el mayor filtro y tanque de almacenamiento de agua en la Tierra.

El desarrollo de la agricultura se ha centrado en una producción cada vez más intensiva, utilizando fertilizantes y productos químicos que a medida que va pasando el tiempo ocasionan erosión, pérdida de fertilidad y contaminación del suelo.

### **2.2. Situación del suelo en México.**

De acuerdo a registros de la INEGI año 2014.

- A nivel nacional, 1'027,611.50 km<sup>2</sup> (52.86%) de superficie territorial se encuentran afectados por la erosión hídrica.
- En nuestro país se tienen registrados 4,934.87 km<sup>2</sup> de suelos en grado extremo de erosión, que representa el 0.25% de la superficie de nuestro territorio (Ilustración 1).



Ilustración 1 Tipos de erosión en México

Fuente:

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014\\_07\\_1.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014_07_1.pdf)

Para el grado Extremo se registraron 4,934.87 km<sup>2</sup> (0.25% de la superficie del país); Fuerte, 60,660.29 km<sup>2</sup> (3.12%); Moderado, 353,224.60 km<sup>2</sup> (18.17%); y Leve, 608,791.73 km<sup>2</sup> (31.32%). Las Áreas sin erosión evidente (N/A) acumularon

913,891.81 km<sup>2</sup> (47.01%), mientras que las Áreas en las que no fue posible obtener información (N/D) totalizaron 2,576.07 km<sup>2</sup> (0.13%). (Ilustración 2)

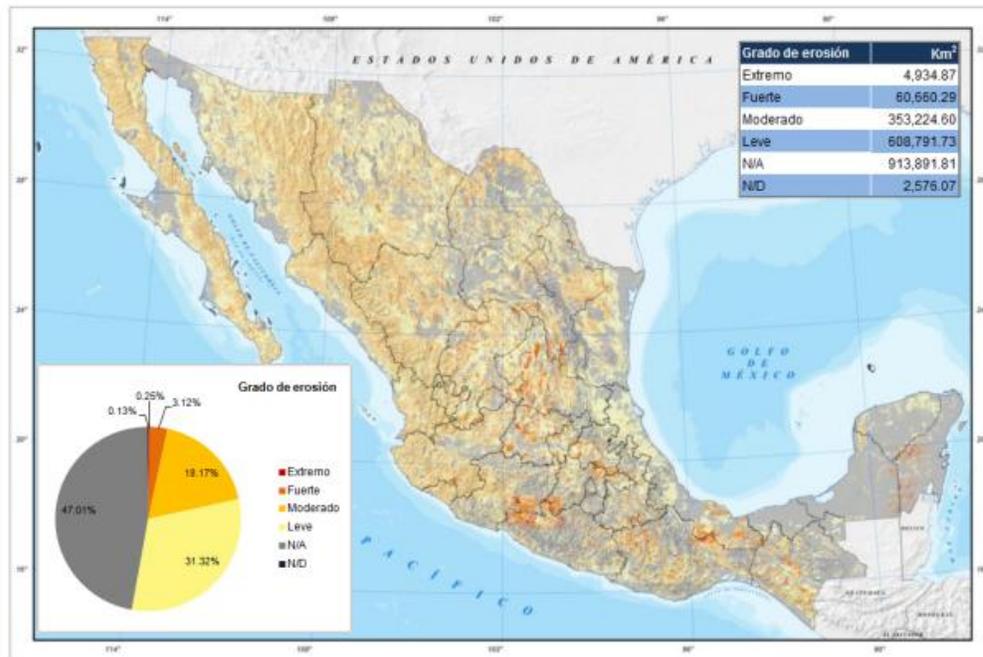


Ilustración 2 Grados de erosión en México

Fuente:

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014\\_07\\_1.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014_07_1.pdf)

En lo que respecta a las formas en la erosión del suelo, se reportan los siguientes valores: Cárcavas, 38,691.14 km<sup>2</sup> (1.99%); Dunas, 5,098.94 km<sup>2</sup> (0.26%); Laminar, 923,667.75 km<sup>2</sup> (47.51%); Montículos, 7,720.04 km<sup>2</sup> (0.40%); Surcos, 65,252.61 km<sup>2</sup> (3.36%); Otros (capas superficiales nuevas, ventifactos y tolveneras), 33,960.33 km<sup>2</sup> (1.75%); y No aplica -sin erosión evidente- (N/A) 869,688.57 km<sup>2</sup> (44.74%) (Ilustración 3).



Ilustración 3 Formas de erosión.

Fuente:

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014\\_07\\_1.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014_07_1.pdf)



Ilustración 4 Indicador Integrado de Degradación del Recurso Edáfico

Fuente:

[https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014\\_07\\_1.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2014/especiales/especiales2014_07_1.pdf)

### **2.3. El suelo y sus propiedades.**

El suelo de nuestro mundo es el “gran proveedor” el almacén de la naturaleza que proporciona el sustento para el hombre, los animales y las plantas. A través de incontables periodos geológicos, el suelo ha desempeñado esta función, mucho antes de que el hombre hiciera su aparición, y cuando en gran número, plantas, animales (a veces gigantes) y finalmente el hombre, poblaron la joven tierra, el suelo les sirvió para su sostén (Teuscher, 1987).

Es aquella capa de dos o tres metros y con algunos centímetros que cubre la mayor parte de la superficie de la tierra, en donde el reino animal y vegetal, así como un mundo mineral, tienen su habitación de forma dinámica.

La vida es esencial para el suelo, y el suelo es esencial para la vida, los vegetales para su desarrollo obtienen del suelo agua y los nutrientes necesarios, de estos mismos vegetales se depende la vida de los animales. Los desechos animal y vegetal vuelven al suelo en donde se descomponen por medio de la población microbiana que existe en este mismo espacio (Yaguey, 1999).

El suelo es la capa de la tierra donde crecen las raíces y de donde las plantas extraen el agua y el alimento que necesitan para crecer y mantenerse sanas. Este está formado por la roca madre mezclada con materiales de la roca madre mezclados con materiales orgánicos (resto de lo que alguna vez tuvo vida), agua, aire y organismos vivos. El suelo tarda miles de años en formarse y en muy poco tiempo se puede perder o degradar a causa de varios factores, entre los que se encuentran las prácticas agrícolas inadecuadas que utiliza el hombre. (Konijnenburg, 2006).

#### **2.3.1 Propiedades físicas del suelo.**

Las propiedades físicas del suelo son aquellas que es posible evaluar visiblemente o mediante el tacto, todos los suelos cuentan con un conjunto de características físicas que dependen de sus componentes naturales, la cantidad de esto y la manera en que se esté mutuamente trabajando o acoplando.

Las propiedades físicas poseen una significación directa porque el espesor de la zona ocupada por las raíces y las relaciones de aire y agua en la misma, se hallan en gran parte determinadas por la constitución física de los horizontes del suelo. (Rucks, 2004).

### ***Textura.***

Es precisamente esta proporción de cada elemento del suelo lo que se llama la textura, o dicho de otra manera, la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla. Se dice que un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición (Rucks, 2004).

Clasificación de textura de los suelos: Los nombres que se les da a los suelos de acuerdo a su textura son basados en las proporciones relativas de cada uno de los tres separadores del suelo: arena, limo y arcilla. Suelos que son preponderadamente arcilla se denominan arcillosos, aquellos suelos que presentan un alto contenido de limo se les denomina limosos y los que presentan un alto porcentaje de arena se les denomina arenosos. Un suelo que no presenta las propiedades físicas dominantes de estos tres grupos se denomina franco, cuando las cantidades relativas del separado menos dominantes varía la clase de textura y el nombre refleja el cambio de composición, tales como franco arcilloso, limoso, franco arenoso y franco arcilloso (Donahue & Miller, 1989).

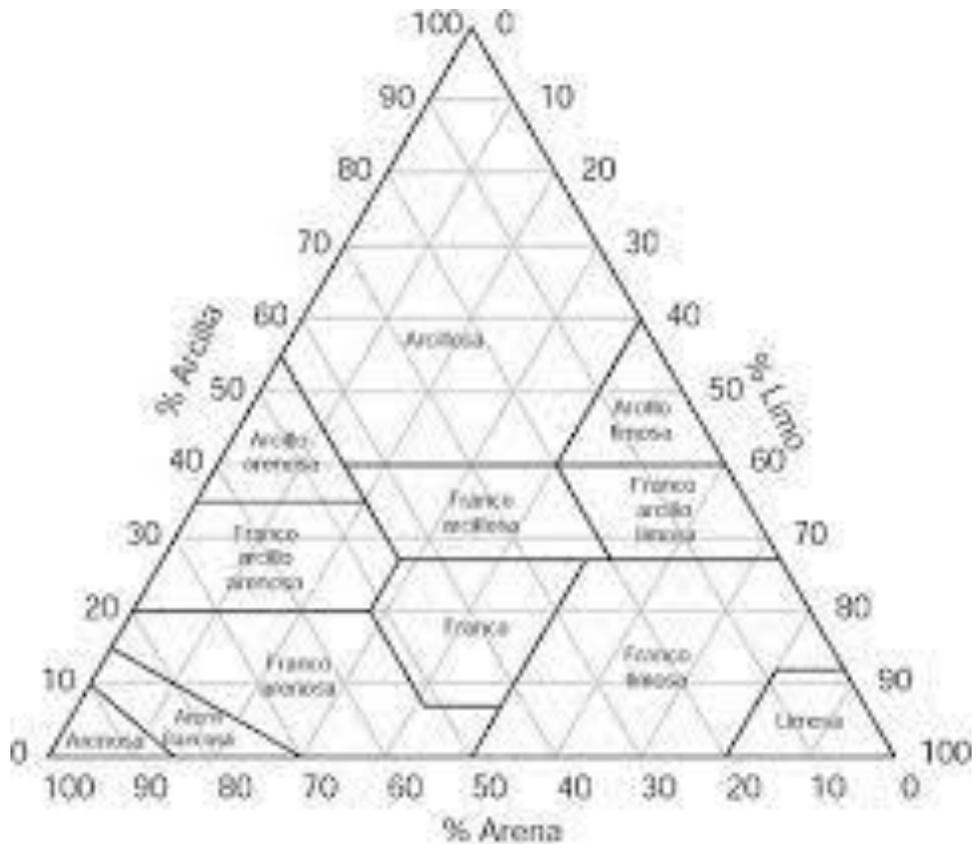


Ilustración 5 Triángulo de texturas

**Estructura.**

Se la define como el arreglo de las partículas del suelo. Se debe entender por partículas, fracciones granulométricas (arena, arcilla y limo), si no también los agregados o elementos estructurales que se forman por la agregación de las fracciones granulométricas. Por lo tanto, partícula designa a toda unidad componente del suelo, ya sea primaria (arena, limo, arcilla) o secundaria (agregado o unidad estructural) (Rucks, 2004).

**Densidad**

La densidad es el peso o la masa de un objeto por unidad de volumen. El agua es la referencia para las medidas de densidad. En el sistema métrico el agua pesa un gramo por centímetro cúbico lo cual es el número de referencia.

Densidad de las partículas (Densidad real): es la densidad solamente de las partículas del suelo, la medida no incluye el peso del agua o el espacio poroso.

Densidad aparente: La densidad para un volumen de suelo, incluye espacios de aire y materiales orgánicos en el volumen, la densidad aparente se utiliza para calcular la capacidad de almacenamiento de agua por volumen de suelo (Donahue & Miller, 1989).

### ***Porosidad.***

Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macro-poros y micro-poros. Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, por lo tanto, son los responsables del drenaje y la aeración del suelo, constituyendo, además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces. Los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas. La porosidad total, o espacio poroso del suelo, es la suma de macro-poros y micro-poros. Las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo. (Rucks, 2004).

En cuanto a la magnitud de la porosidad total, es mayor cuando en la textura dominan las fracciones finas que cuando dominan las gruesas. Los suelos arcillosos poseen más porosidad total que los arenosos. (Rucks, 2004).

### ***Consistencia.***

Consistencia del suelo es usualmente definida como el término que designa las manifestaciones de las fuerzas físicas de cohesión y adhesión, actuando dentro del suelo a varios contenidos de humedad. (Rucks, 2004).

Estas manifestaciones incluyen:

- a) El comportamiento con respecto a la gravedad, presión y tensión.
- b) La tendencia de la masa del suelo de adhesión a cuerpos extraños o sustancias.
- c) Las sensaciones que son evidenciadas y sentidas por los dedos del observador.

La consistencia del suelo incluye algunas propiedades del suelo, como resistencia a la compresión, friabilidad, plasticidad, viscosidad.

### ***Color***

El color es un carácter del suelo, fácil de observar y de uso cómodo para identificar un tipo de suelo dentro del cuadro regional o local. Generalmente, está en relación con los procesos de endogénesis o con uno de los factores de formación. Pero, por una parte, el proceso que colorea el suelo no es siempre fundamental, por otra parte, la misma coloración, o matices vecinos bien pueden resultar de causas diferentes. Es así que ese carácter debe ser utilizado con circunspección y sabiendo que raramente tiene valor como criterio de clasificación al nivel de los grandes tipos de suelos. (Rucks, 2004).

### **2.3.2. Química del suelo**

La química del suelo tiene una gran relación con la fertilidad, las reacciones que aseguran la existencia de soluciones diluidas de nutrientes, son indispensables para el crecimiento continuo de las plantas. La química de los suelos comprende aspectos de la química de soluciones y de la química de fases sólidas (mineralogía). La zona de contacto entre la fase sólida y líquida es muy importante en la química del suelo. (Thompson,2002).

### ***pH.***

Es una de las propiedades físico-químicas más importante en los suelos, ya que de él depende la disponibilidad de nutrientes para las plantas, determinando su solubilidad y la actividad de los microorganismos, los cuales mineralizan la materia orgánica. También determina la concentración de iones tóxicos, la ele y diversas propiedades importantes que en últimas apuntan a la fertilidad del suelo. (Carbajal, 1997).

### ***Nitrógeno***

En nitrógeno es el elemento más crítico en el crecimiento de las plantas. Es un constituyente de las proteínas de la planta, la clorofila (el pigmento verde importante

para la fotosíntesis), los ácidos nucleicos (proporciones regenerativas de la célula viva), y otras sustancias de las plantas. Un suministro adecuado de nitrógeno produce paredes celulares más delgadas, originando plantas más delicadas y succulentas, significando plantas más grandes y por ende mayor producción. El nitrógeno es un nutriente único, diferente de otros elementos esenciales, puede ser utilizado por las plantas en forma de catión, amonio o en forma de anión, nitrato. Solo una pequeña parte de nitrógeno del suelo están presente en estas formas amonio y nitrato (Donahue & Miller, 1989).

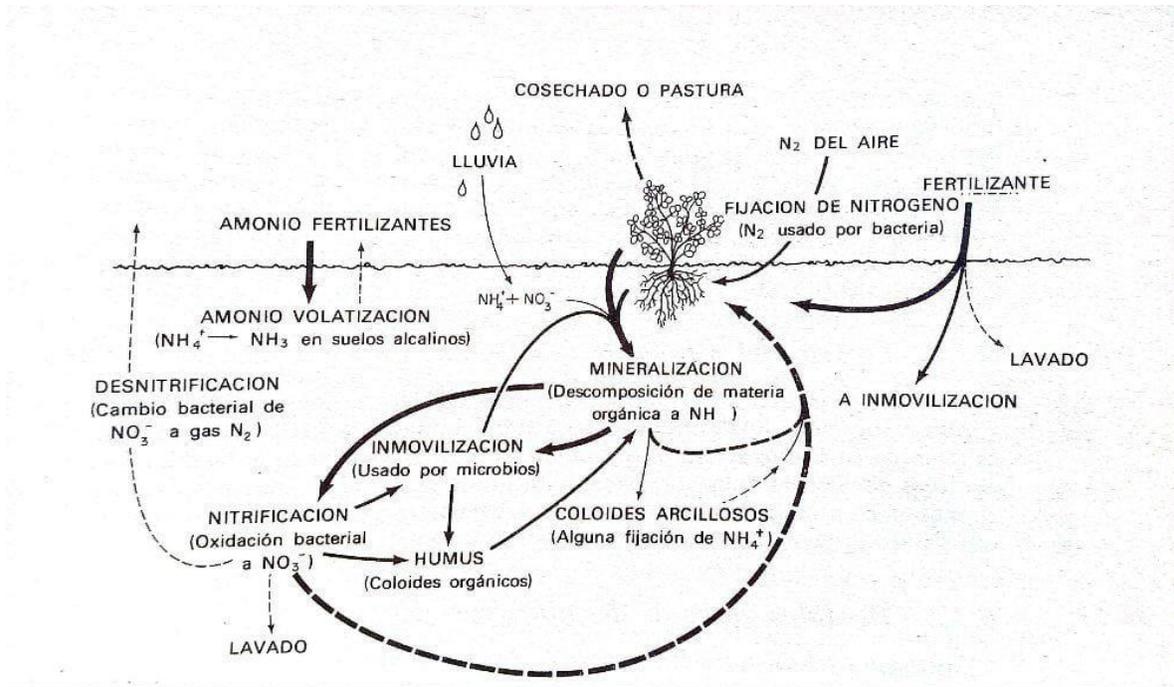
Fijación de nitrógeno: una de las mayores fuentes de nitrógeno es la fijación de nitrógeno: una acción microbiana en la cual el nitrógeno es tomado del aire del suelo y cambiado a las formas utilizables por las plantas, la fijación de nitrógeno por organismos es de dos tipos: simbiótica y asimbiótica. En la formación simbiótica la bacteria causa la formación de nódulos radiculares, que es el crecimiento anormal de las raíces en ciertas plantas huéspedes, principalmente leguminosas, y se establecen o habitan estos nódulos donde fijan nitrógeno por distintos procesos aún no descubiertos. La fijación simbiótica de nitrógeno por la bacteria leguminosa puede añadir dependiendo del tipo de leguminosa de 45 a 250 libras por acre por año. La fijación asimbiótica bacterias y microorganismos de agua azul-verde que viven independientemente en el suelo y el agua convierte nitrógeno en forma de tejido de su cuerpo, dejándolo para que la planta lo utilice después de que se muere y se descompone. (Donahue & Miller, 1989).

Mineralización del nitrógeno: La mayor fuente de nitrógeno en el suelo es la materia orgánica, cuando la materia orgánica del suelo se descompone el nitrógeno es liberado con un ion utilizable, amonio. Originalmente, el amonio se conoce incorrectamente como la única forma mineral del nitrógeno, por lo que la conversión de nitrógeno orgánico en forma de amonio se denomina mineralización. Esta liberación de nitrógeno de la descomposición de la materia orgánica es la fuente más importante de nitrógeno utilizable en campos no fertilizados (Donahue & Miller, 1989).

Nitrificación de amonio: los iones mineralizados de amonio tienen un corto periodo de vida, algunos son temporalmente adsorbidos a la superficie de arcillas cargadas negativamente o a las partículas orgánicas, otras son utilizadas directamente por las plantas. Eventualmente, la mayoría de los iones de amonio son oxidados por bacterias selectivas como nitrosomas y nitrobacterias convirtiéndolos en forma de nitrato. Esta oxidación de cationes de amonio a aniones de nitrato por las bacterias se le denomina nitrificación (Donahue & Miller, 1989).

Lavado de nitrógeno: la forma más lavada del nitrógeno en el nitrato, los iones de amonio y nitrato son muy solubles en agua, pero el ion amonio cargado positivamente es retenido en los lugares de intercambio catiónico, resistiendo el lavado. Las pérdidas de lavado aumentan conforme aumenta la cantidad de agua percolada y cuando poco o nada de cubierta vegetal se encuentra para utilizar los nitratos tan rápido como ellos se producen por nitrificación (Donahue & Miller, 1989).

Pérdidas gaseosas del nitrógeno del suelo: El nitrógeno del suelo también puede perderse a través de dos mecanismos que producen gas que se escapa a la atmósfera, des-nitrificación y volatilización del amonio. La pérdida más grande es por des-nitrificación de amonio, el cambio por bacteria de nitrato a nitrógeno gaseoso o su óxido. La des-nitrificación ocurre cuando la pobre aireación limita la cantidad de oxígeno libre en el suelo, las bacterias son obligadas a utilizar el oxígeno del ion de nitrato para sus necesidades, dejando residuos de nitrógeno y óxido nitroso volátiles que se mueven del suelo a la atmósfera. Pérdida por volatilización de amonio, se presenta cuando el amonio está en una solución alcalina. Las mayores pérdidas se presentan de las superficies de aplicación de cualquier fertilizante de amonio o urea en suelos con alto contenido de carbono, pequeñas pérdidas también se presentan en suelos no fertilizados. (Donahue & Miller, 1989).



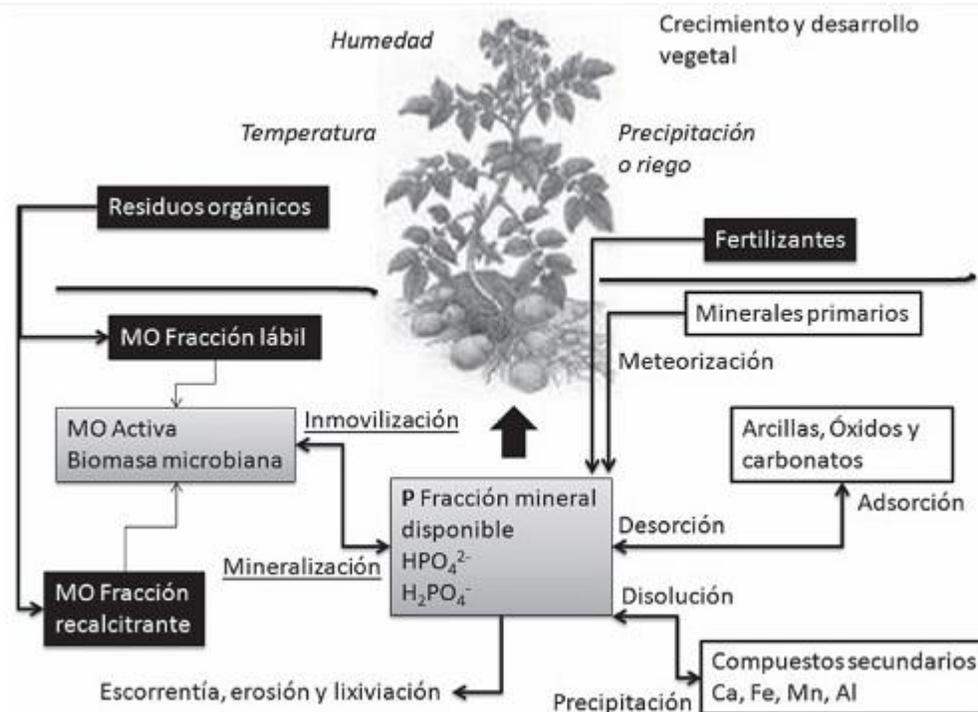
**Ilustración 6 ciclo del nitrógeno**

Fuente: Donahue & Miller (1989). Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas

### **Fósforo en el suelo.**

El fósforo es el segundo más crítico nutriente vegetal, el núcleo de cada célula de la planta contiene fósforo, por lo que la división y crecimiento celular son dependientes de adecuadas cantidades de él, el fósforo es concentrado en las células que se dividen rápidamente las que activan el crecimiento de las partes de raíces y tallos.

El fósforo como nutriente es doblemente crítico porque el total suministro de fósforo en la mayoría de los suelos es baja y no está realmente disponible para las plantas (Donahue & Miller, 1989).



**Ilustración 7 ciclo el fósforo**

Tomada de:

[https://www.google.com/search?q=ciclo+del+fosforo&tbm=isch&chips=q:ciclo+del+fosforo,g\\_1:suelo:FBYda49\\_66o%3D&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjCnpqOqoKBAxUcEt4AHUcvDQMQ4IYoBnoECAEQQQ#imgrc=qut\\_j2sdFhSpbM](https://www.google.com/search?q=ciclo+del+fosforo&tbm=isch&chips=q:ciclo+del+fosforo,g_1:suelo:FBYda49_66o%3D&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjCnpqOqoKBAxUcEt4AHUcvDQMQ4IYoBnoECAEQQQ#imgrc=qut_j2sdFhSpbM)

### **Potasio en el suelo.**

La cantidad total de potasio en la mayoría de los suelos es suficiente para varias generaciones, el potasio en las plantas está en una forma móvil más que como una parte integral del cualquier compuesto fijo, el potasio ayuda a mantener la permeabilidad de la célula, ayuda a la translocación de carbohidratos, mantiene el hierro más móvil en la planta y aumenta la resistencia de la planta a ciertas enfermedades. (Donahue & Miller, 1989).

### **Capacidad de intercambio catiónico:**

Un aumento en el pH origina cargas negativas libres y que pueden ser posiciones intercambiables entre los cationes presentes en la solución del suelo.

Concentración de iones tóxicos: A pH ácidos existe mayor solubilidad del aluminio y el manganeso, los cuales pueden alcanzar concentraciones que son tóxicas para las plantas. Se ha encontrado que un contenido de aluminio mayor del 1 meq/ 1 00g suelo empieza a afectar notoriamente el desarrollo de los cultivos. Lo mismo ocurre con el manganeso, el cual empieza a presentar niveles de toxicidad cuando alcanza una concentración en el suelo de 100 ppm. (Carbajal, 1997).

#### **2.4 La materia orgánica en los suelos**

La materia orgánica del suelo es un indicador fundamental de su calidad, ya que, además de tener efectos positivos en la fertilidad de los suelos y en la productividad de los cultivos, forma parte de uno de los mayores reservorios de carbono terrestre (Ortiz-villanueva & Ortiz, 1990).

La materia orgánica del suelo comprende todos los residuos de naturaleza orgánica presentes en el suelo, que pueden encontrarse en cualquier estado de transformación. (Yaguey, 1999)

En un suelo mineral no cultivado, el contenido en materia orgánica depende del tipo de vegetación que mantiene, de los aportes vegetales y animales que recibe, y de ciertas propiedades del suelo, como textura, acidez, temperatura, aireación, cantidad y mineralogía de arcillas y actividad biológica (FAO, 2005).

Cuando los factores que le afectan al suelo cambian poco a lo largo del tiempo, la materia orgánica de un suelo no cultivado puede alcanzar un equilibrio estable al cabo de un período más o menos largo, dependiendo de las condiciones del clima.

En los suelos dedicados a la agricultura la aplicación de fertilizantes aumenta la producción de los cultivos, estas aplicaciones tienen efectos sobre el contenido en materia orgánica del suelo, a diferencia de cuando se aplican fertilizantes orgánicos, estos sufren un proceso de mineralización, llevado a cabo por los microorganismos del suelo (principalmente bacterias y hongos), que permiten que los nutrientes (N, P, S) que contienen, sean disponibles para las plantas.

La materia orgánica del suelo tiene su origen en los restos de vegetales, animales y microorganismos que se acumulan en el suelo o se incorporan a él, y que están sometidos a un proceso constante de transformación, bajo la acción de factores edáficos, climáticos y biológicos. Sobre estos residuos actúan microorganismos que los descomponen y transforman en otras materias según dos procesos distintos. (Yaguey, 1999)

Una parte de los componentes de los residuos orgánicos se descomponen con rapidez en formas inorgánicas simples (agua, dióxido de carbono, nitratos, sulfatos, etc.) este proceso se llama mineralización.

La fracción que no se mineraliza en esta primera etapa experimenta un proceso de descomposición, degradación y síntesis de nuevos compuestos, que en sentido amplio reciben el nombre de humus. Este proceso se llama humificación. Posteriormente, el humus se mineraliza muy lentamente, descomponiéndose en productos inorgánicos simples.

La materia orgánica preferentemente humificada modifica las propiedades, modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Efectos sobre las propiedades físicas del suelo:

Debido a la cohesión, la materia orgánica tiene un efecto positivo sobre la estructura de los suelos: da compactación a los arenosos y hace más esponjoso los arcillosos, lo que indica que existe una mayor permeabilidad de agua y aire. Además, debido a su naturaleza coloidal, los agregados se hacen más estables, reduciendo el riesgo de erosión.

La capacidad del humus de retención de agua aumenta, almacena más agua durante la estación húmeda y reduce las pérdidas durante la estación seca.

El color oscuro que proporciona el humus permite captar mayor radiación solar, por tal motivo existe mayor calentamiento del suelo durante la primavera.

La estructura del suelo debe de ser conservada, por lo tanto, la materia orgánica tiene dos efectos:

Efecto a corto plazo: es muy intenso, interviene principalmente la materia orgánica lábil, este efecto se produce con mayor intensidad cuando se entierran materias que se descomponen con rapidez, como son los abonos verdes.

Efecto a largo plazo: es menos intenso, pero más persistente que el efecto a corto plazo en el cual interviene sobre todo el humus, los estiércoles y el enterramiento de pajas que dan lugar a una apreciable cantidad de este humus.

#### **2.4.1 Efectos de la MO sobre las propiedades químicas del suelo:**

El humus aumenta la fertilidad de los suelos por los siguientes motivos:

1. Aporta elementos nutritivos.
  2. El humus junto con la arcilla constituye el complejo de cambio, que regula la nutrición de la planta.
  3. Los ácidos húmicos estimulan el desarrollo del sistema radical y con ello se hace más efectiva la asimilación de nutrientes.
  4. Con algunos cationes forma quelatos, lo que favorece la absorción de cationes por los cultivos.
  5. Los ácidos húmicos forman con los aniones fosfato unos compuestos que impiden la retrogradación del fósforo, lo que favorece a su asimilación.
- (Yaguey, 1999)

Balance de humus en el suelo: la fertilidad no depende de un alto contenido de materia orgánica, sino de la velocidad con la que evoluciona esa materia orgánica, que es lo que tienen efectos positivos sobre la fertilidad del suelo. Los suelos más fértiles son los que destruyen mucha materia orgánica y a la vez generan mucha cantidad de humus, lo cual supone que recibe muchas aportaciones de residuos orgánicos. Por lo tanto, la fertilidad del suelo se relaciona más con el equilibrio húmico que con el contenido de materia orgánica, si bien para garantizar esa fertilidad se requieren unos niveles mínimos de humus del orden de 1.5% en secano y de 2% en regadío. (Yaguey, 1999)

## **2.5. Fuentes de humus para el suelo.**

Las fuentes de humos son todos aquellos productos que tienen por misión fundamental generar humus. También aportan, en mayor o menor proporción, elementos nutritivos, pero este aspecto se considera secundario, ya que habitualmente el suministro de elementos nutritivos se hace con fertilizantes minerales. Las principales fuentes de humus se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Diferentes clases de estiércoles (estiércoles sólido natural, purines, gallinazas, estiércol artificial, mantillo de residuos agrícolas, mantillo de lombriz, productos obtenidos mediante compostaje, basuras de población, etc.)
- Enterramiento de rastrojos y residuos de cosechas.
- Abonos verdes.

### **2.5.1. Estiércol sólido natural.**

El estiércol sólido natural es una mezcla de deyecciones sólidas y líquidas del ganado, junto con algunos productos que sirven de cama para los animales, que han experimentado una serie de transformaciones, primero en el alojamiento y posteriormente en el estercolero. Este tipo de estiércoles puede proceder de ganado bovino, ovino, equino y porcino.

Según su grado de transformación existen 3 diferentes clases de estiércoles:

- Fresco: Este se refiere al producto que se encuentra en las camas, ya que su transformación apenas comienza.
- Semihecho: tiene un grado intermedio de descomposición.
- Maduro: cuando el producto empleado para las camas ya no se puede del

En términos generales se puede dar las siguientes cifras de composición de diferentes estiércoles: Según el autor Yague J. L.

**Tabla 1 Composición química de estiércol de ovinos, bovinos y conejos.**

	Vaca	Oveja	Conejo
Materia seca (%)	22	25	25
Nitrógeno (% de materia seca)	1.8	2.5	2.8
Fósforo (% de materia seca)	1.7	1.2	4.8
Potación (% de materia seca)	3	2.8	1.8
Relación carbono/nitrógeno.	15	10	10

Obtenido de Yaguey, (1999).

#### 2.5.2 Purines:

Los purines son los líquidos que escurren de los alojamientos de ganado y de los estiercoles. La composición del purín es muy heterogénea, ya que depende de muchos factores, clase de ganado, edad, alimentación, manejo de purín, grado de disolución, etc. En general es un producto muy fermentable que produce malos olores, con un alto contenido de nitrógeno amoniacal, y cuando proviene de granjas de cerdos en régimen intensivo puede contener una carga importante de metales pesados, antibióticos y desinfectantes. (Yaguey, 1999).

### **2.5.3. Gallinaza**

La gallinaza es el excremento de las gallinas mezclado o no con el material utilizado para cama. La gallinaza procedente de gallinas ponedoras en batería (sin cama) representa unos 20 Kg al año. La gallinaza procedente de la crianza de gallinas o pollos con cama presenta una producción de unos 150nKg por m2 y año. (Yaguey, 1999).

La gallinaza debe aplicarse con precaución, ya quepude liberar suficiente cantidad de amoniaco casando daño en los cultivos.

### **2.5.4 Estiércol artificial.**

En la elaboración de estiércol artificial se emplea como materia prima la paja de cereales, que es un material con poca humedad, muy pobre en nitrógeno y con un alto contenido de lignina, en donde se provoca una descomposición y trasformación en estiércol, en donde se activa el proceso mediante humedecimiento, siembra microbiana y enriquecimiento en nitrógeno. (Yaguey, 1999).

El proceso de elaboración de estiércoles artificiales se elabora de la siguiente forma:

- Se extiende sobre una plataforma una capa de paja picada de 30 cm de espesor, y se riega a razón de 300 litros por cada 100Kg de paja.
- Sobre la paja se extiende una capa delgada (de un cm de espesor) de estiércol de cuadra.
- Se aporta el equivalente de 8 kg de nitrógeno por tonelada de paja. Esta aportación puede hacerse con urea.
- Se forma una nueva capa, de 30 cm de espesor, con paja mojada, estiércol y nitrógeno, y se repite la operación hasta una altura de 1.50 a 2 metros.
- Si se quiere enriquecer la masa con fosforo y potasio se añade a la paja unos 30 kg de superfosfato normal y 10 kg de cloruro potásico por cada tonelada de paja.

### **2.5.5. Mantillo de residuos agrícolas.**

Es el producto resultante de la transformación de residuos agrícolas, es un proceso similar a lo que ocurre en el suelo de un bosque, pero este es dirigido o se hace con intención bajo determinadas condiciones de aireación, humedad, temperatura, etc.

Se puede elaborar a partir de residuos de una propia explotación utilizando restos de cosechas o restos de podas a los que se le pueden añadir otros procedentes del exterior. La mezcla debe de estar equilibrada en la relación C/N que indica la velocidad del proceso de descomposición. Las pajas, hierbas secas y productos leñosos aportan celulosa y lignina, la hierba verde, restos de hortalizas, orujos, etc. aportan azúcar, los restos de leguminosas, purines, etc. son ricos en nitrógeno. (Yaguey, 1999).

- Todos los residuos se trituran y se mezclan formando montones de sección triangular, de 1-1,50 m de altura y una anchura de base proporcional o igual a la altura. Esta dimensión es la más ideal para conseguir una adecuada aireación y humedad.
- Durante el proceso de transformación la temperatura no debe superar los 70 °C para evitar pérdidas excesivas de materia orgánica por oxidación y la muerte de organismos beneficiosos.
- Al comienzo del proceso conviene este nivel de temperatura elevada, ya que ayuda a la eliminación de gérmenes patógenos y disminuye el poder germinativo de muchas semillas de malas hierbas.
- Los montones deben voltearse periódicamente, para favorecer la aireación, pero no con exceso para evitar la desecación de la masa.
- El proceso de transformación dura de 3 a 6 meses, al final de este proceso la temperatura se estabiliza con el ambiente. (Yaguey, 1999).

### **2.5.6. Mantillo o humus de lombriz.**

El mantillo de lombriz, también llamado humus de lombriz o vermicompost es el resultado de la transformación de productos orgánicos semi-descompuestos, que la

lombriz ingiere en gran cantidad y expulsa después de pasar por un tubo digestivo, en donde se mezclan con microorganismos y fermento.

La lombriz que se explota con esta finalidad es la lombriz californiana, que a diferencia de la lombriz común, es muy prolífica y se puede explotar en cautividad.

- Esta explotación de lombrices se realiza sobre camas de estiércol, que son montones alineados de 1 metro de anchura por 0.70 metros de altura.
- El estiércol que consumen las lombrices se repone mediante aportaciones cada una o dos semanas. Se utiliza presentemente estiércol de vacuno con un periodo de maduración de 6-7 meses, estiércol de ovino con un periodo de maduración de 3-4 meses y estiércol de conejo que puede ser utilizado sin previa maduración.
- Las camas se deben de mantener húmedas entre un 70-80%, esto mediante el riego de la misma en donde es recomendable utilizar un sistema de riego por aspersión.

#### **2.5.7. El compostaje.**

Es un proceso de descomposición incompleta de una mezcla de materiales orgánicos heterogéneos, realizado por microorganismos y acelerado artificialmente bajo condiciones específicas de aireación, humedad, temperatura y elementos nutritivos. Es un proceso complejo resultado de unas transformaciones que están condicionadas por el medio ambiente. El producto final de este proceso es una materia orgánica más estable y más seca que el producto original, ya que durante el proceso se produce una mineralización, evaporación de agua y un cierto grado de humificación.

Existen dos sistemas de compostaje:

- Tratamiento en pilas: la aportación de oxígeno se hace con aireación forzada o mediante el voleo de la materia.

- Tratamiento en digestores: consiste en depositar el material en un extremo o en la parte alta de los mismos y remover y airear la masa a medida que avanza hacia la salida.

Factores ambientales para a adecuada evolución del proceso del compostaje:

- Temperatura: El carbono contenido en la materia orgánica sirve a los microorganismos para obtener la energía necesaria para su actividad. La energía sobrante del metabolismo se libera en forma de calor, que eleva la temperatura del medio. Cada especie de microorganismo que interviene en el proceso desarrolla su actividad máxima a una determinada temperatura. (Yaguey, 1999). Desde este punto de vista el proceso de compostaje se divide en 4 etapas:

1.- En esta etapa actúan bacterias y hongos que descomponen las sustancias fácilmente degradables, a una temperatura de 15 y 40 °C.

2.- En esta etapa actúan bacterias, hongos y actinomicetos que descomponen sustancias más complejas a una temperatura de 40 y 70 °C.

3.- una vez alcanzada la temperatura máxima disminuye la actividad microbiana y se produce un enfriamiento de la materia hasta una temperatura de 20°C.

4.- Es la etapa de maduración, se desarrolla a una temperatura aproximada de 20 °C, en esta etapa se degrada la lignina que tiene una gran resistencia al ataque microbiano.

Las tres primeras etapas son bastante rápidas, mientras que la última está requiere un periodo de varios meses, durante esta etapa aparecen reacciones de condensación y polimerización que dan lugar al humus.

## **2.6. Abonos orgánicos.**

Los abonos orgánicos principalmente son utilizados en tierras que se utilizan intensivamente, esto con la finalidad de mejorar la estructura del suelo para tener

una mejor retención de agua y un mayor número de nutrientes disponibles para las plantas, la implementación de abonos orgánicos en los suelos es una actividad de que ha usado desde tiempos muy antiguos en donde ha tenido una mayor influencia en la fertilidad de los suelos, ya que el valor nutricional de materia orgánica que se ofrece es mucho mayor y mejor que el de fertilizantes inorgánicos. Hoy en día el estado del suelo es el que determina la fertilidad y la productividad del mismo, si se somete un terreno a un intenso laboreo, este por consecuencia tiende a deteriorarse su estructura, los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y desechos de cosechas) se han recomendado para su aplicación en suelos de malas condiciones mejorando la estructura de los suelos aumentando su productividad. (Dimas, 2001).

Existe una gran diversidad de materiales que son utilizados como fuente de materia orgánica al suelo y que pueden ser aplicados en forma fresca o bien luego de un proceso de elaboración, como abonos orgánicos.

Dependiendo de la procedencia del material orgánico, estos pueden ser de origen agrícola, ganadero, forestal, industrial y urbano. Los abonos orgánicos son principalmente elaborados a base de un proceso de compostaje, a algunos se les puede adicionar algún tipo de productos químicos con la finalidad de mejorar su calidad y su rentabilidad.

## **2.7 Utilización de desechos de hortalizas en la agricultura.**

Los fertilizantes orgánicos como el estiércol se han utilizado en la agricultura durante miles de años; los agricultores antiguos no entendían la química involucrada, pero reconocieron el beneficio de proporcionar a sus cultivos con material orgánico. El interés en la agricultura orgánica está creciendo en todo el mundo como práctica agrícola sostenible hoy en día. Los fertilizantes orgánicos son fuentes sostenidas de nutrientes debido a la liberación lenta durante la descomposición. Al aumentar la materia orgánica del suelo, la agricultura orgánica puede restablecer la fertilidad natural del suelo dañado, lo que mejorará la productividad del cultivo para alimentar

a la creciente población. 10 Los fertilizantes orgánicos mejoran los procesos naturales del suelo, que tienen efectos a largo plazo en la fertilidad del suelo

Un suelo pobre carece de nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas, además pueden ser caracterizados por la compactación y dureza con exceso de arcilla o extremadamente arenoso, rocosos, o con un pH muy elevado o bajo. De esta forma, el suelo degradado restringe el consumo de agua y nutrientes para las plantas, propiciando la pérdida de biodiversidad biológica y un adecuado uso productivo y la baja rentabilidad de la producción agrícola, pues se caracteriza por el gran consumo de agua y requiere de soluciones prácticas e innovadoras. Por ello es importante el uso de prácticas de manejo del suelo con la finalidad de incrementar los indicadores de calidad biológica a un corto plazo e impulsar el manejo sostenible.

Dichos mejoradores pueden incidir en la retención de humedad, desarrollo de raíces y tener un efecto positivo para la absorción de nutrientes. Además de mejorar la estructura del suelo mediante el aumento de la aireación, capacidad de retención de agua y los nutrientes, des compactación de suelos, liberando nutrientes inmovilizados, creando espacio necesario para el crecimiento de organismos beneficiosos que constituyen una porción de la materia orgánica (Tapia, 2021).

## **2.8 Cobertura terrestre**

La cobertura vegetal se la puede definir como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales en los distintos suelos (Maza, 2009). La cobertura del suelo hace referencia a la información del material físico que se encuentra en la superficie de la tierra y el uso del suelo se asocia a las modificaciones y actividades hechas sobre esta cobertura por el hombre. La detección de cambios de cobertura o uso, es el proceso de identificar los cambios en un área o fenómeno ambiental mediante la observación en diferentes momentos de un tiempo determinado. (Suárez, et al., 2017).

### **2.8.1 Importancia de la cobertura terrestre**

Las coberturas vegetales son un elemento esencial en el gran sistema que llamamos tierra, las plantas absorben y reciclan nutrientes del suelo, dióxido de carbono, nitrógeno, azufres y fósforos, absorben agua de los suelos y a su vez, son parte del fundamento básico de la cadena alimenticia de en distintas especies de animales que sustenta la vida y proveen al hombre de materiales industriales, plantas medicinales, fibras y resinas. En el caso específico de los bosques, estos juegan un papel importante en la conservación del ambiente, ya que mantienen la estabilidad hídrica, regulan el clima a nivel mundial y local, y lo más importante favorecen la conservación de los suelos, previniendo la erosión, además son el hábitat de numerosas especies de plantas y animales, es de vital importancia mantener en buen estado la cobertura vegetal, ya que ayudan en los procesos de regulación del ciclo hidrológico y en la disminución de la erosión de suelos. Las cubiertas vegetales pueden resultar de utilidad en la reducción de la dispersión de contaminantes en disolución, pues disminuyen el flujo total de escorrentía (Maza, 2009).

### **2.8.2 Tipos de coberturas**

De acuerdo con la Leyenda nacional de coberturas de la tierra 2010, las categorías de primer nivel se definen como:

1.- Territorios artificializados: comprende áreas de ciudades, centros poblados y zonas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas por procesos de urbanización o de cambio de uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos.

2.- Territorios agrícolas: Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y zonas agrícolas heterogéneas.

3.- Bosques y áreas semi-naturales: Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición.

4.- Áreas húmedas: Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente.

5.- Superficies de agua: Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares. Se incluyen en esta clasificación los fondos asociados a los mares, cuya profundidad no supere los 12 metros. (IDEAM, 2010).



Ilustración 8 Mapa de cobertura de suelo en México

Fuente: <https://www.gob.mx/conabio/prensa/nuevo-mapa-de-la-cobertura-de-suelo-de-mexico?idiom=es>

### **III. PROBLEMÁTICA**

El suelo es una de las materias más importantes para la supervivencia del ser humano, ya que es el soporte de toda materia que se encuentra a nuestro alrededor, a medida que transcurre el tiempo por distintos usos que se le dan ha incrementado su deterioro, ya que se utilizan fertilizantes químicos que a lo largo del tiempo dañan el suelo, lo cual implica un grave problema para la humanidad porque los suelos pierden sus nutrientes y minerales que son indispensables para la producción de alimento tanto para humanos como para animales, entre menos nutrientes tengan los suelos menor es la calidad de alimento que se cultivan para las personas y también los forrajes que se obtendrá para la alimentación de los animales lo que repercute en su rendimiento y producción.

Los residuos o desechos de frutas y verduras que son diariamente producidos en las verdulerías representan un problema de contaminación porque se generan en gran volumen y a su vez son depositados en áreas en donde genera una mala impresión, así como la acumulación de plagas y emisiones de olores fétidos. Por lo cual una alternativa de reciclaje de estos desechos orgánicos es la elaboración de compostas para su uso como fertilizantes orgánicos en pastizales.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Los desechos de frutas y verduras pueden reciclarse para la elaboración de abonos orgánicos, evitando con ello la contaminación ambiental. La implementación de abonos orgánicos para la regeneración de praderas es muy importante porque se utilizan residuos orgánicos que finalmente no tendrán utilización, y con ello mejoramos a los suelos que se encuentran en calidad de degradados contribuyendo a la mejora de sus propiedades físicas y químicas para favorecer el crecimiento y desarrollo de pastos nativos, aumentados la cantidad de forraje disponible para la producción animal en esta investigación se utilizaran residuos de una verdulería para la elaboración compost con distintas proporciones mezclado con estiércoles pecuarios, que finalmente serán aplicadas para el incremento de materia orgánica en suelos de distintas praderas, para generar un incremento de nutrientes que serán aprovechados por los distintos tipos de pastos que están establecidos en estas praderas, incrementando un buen desarrollo de las plantas para una mejor eficiencia y aprovechamiento de la pradera.

## **V. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿El uso de abonos orgánicos elaborados con desechos de hortalizas mejora la cubierta vegetal y las características físicas y químicas del suelo degradado de pastizales naturales en el Peñón, municipio de Temascaltepec Estado de México?

¿El compost elaborado con diferentes niveles de desechos de hortalizas y mezclado con estiércol bovino que características físicas y químicas presenta?

## **VI. HIPÓTESIS**

Los abonos orgánicos elaborados con desechos de hortalizas mezclados con estiércol pecuario, presentan propiedades físicas y químicas que, al ser aplicados a suelos degradados de pastizales naturales, mejoran las características físicas y químicas del suelo y la cobertura vegetal, en la comunidad de El Peñón, municipio de Temascaltepec.

## VII. OBJETIVOS

### 7.1 Objetivo general:

Evaluar las características físicas y químicas de abonos orgánicos elaborados con diferentes niveles de desechos de hortalizas mezclados con estiércol de bovino y su uso en suelos degradados de pastizales naturales en el Ejido de El peñón Temascaltepec México.

### 7.2 Objetivos específicos:

Evaluar las características físicas y químicas de los suelos antes y después de la aplicación de los abonos orgánicos (compost)

Características físicas

- Color.
- Textura.
- Porosidad.
- Densidad aparente.

Características físicas y químicas.

- Materia orgánica.
- Carbono orgánico.
- pH.
- Contenido de nitrógeno
- Contenido fósforo
- Contenido potasio.

Estimar en el suelo del pastizal la cobertura de forraje.

- Cobertura de forraje (%)

## **VIII. MATERIALES Y MÉTODOS.**

El trabajo se realizó en un pastizal natural del ejido el Peñón municipio de Temascaltepec, Estado de México, la localidad se encuentra a una altura de 1820 metros sobre el nivel del mar, la temporada de lluvia es nublada, la temporada seca es parcialmente nublada y es caliente durante todo el año.

### **8.1. Materiales de campo**

Materiales de laboratorio.

Bascula

Palas

Cinta para medir

Cuadrante para medición de cobertura

Bolsas

Cuaderno

Contenedores para los abonos

Ropa de trabajo

### **8.2. Materiales biológicos.**

Abonos orgánicos

- 1.- Elaborado de 75% desechos de hortalizas, 25% heces de bovino
- 2.- Elaborado de 50% desechos de hortalizas, 50% heces de bovino
- 3.- Elaborado de 25% desechos de hortalizas, 75% heces de bovino
- 4.- micro-parcela de 4 m<sup>2</sup> cada una.

### **8.3 Tratamientos**

Los tratamientos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2 Tratamientos y testigo

Tratamientos	Descripción
T1	Abono orgánico: 25% de desechos hortalizas + 75% de heces de bovino
T2	Abono orgánico: 50% de desechos de hortalizas + 50% heces de bovino
T3	Abono orgánico: 75% de desechos de hortalizas + 25% heces de bovino
T4	Testigo suelo sin abono orgánico.

Distribución de los tratamientos en el área experimental

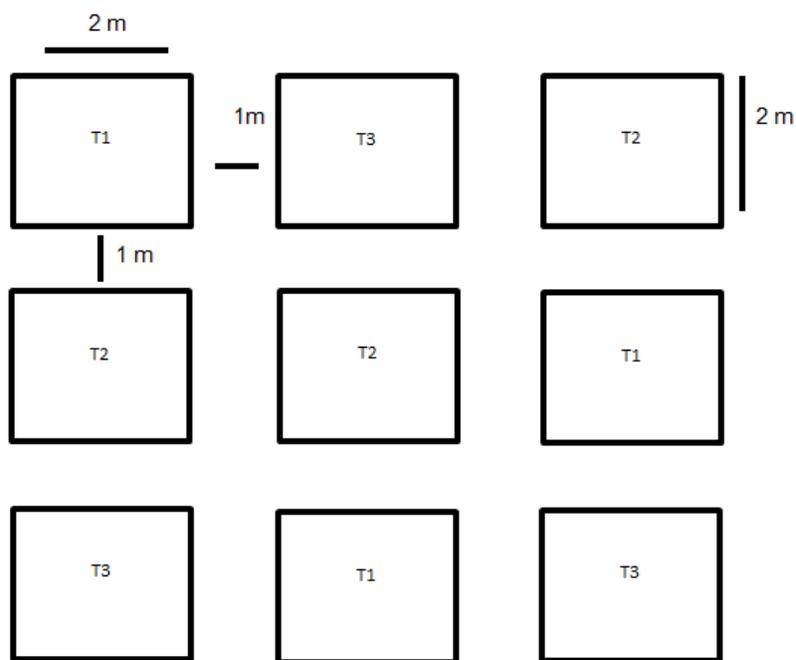


Ilustración 9 Distribución de los tratamientos en el área experimental

#### **8.4 Proceso de elaboración de las compostas.**

El proceso para la elaboración de compost se describe a continuación:

Paso 1: Los desechos de hortalizas picados y el estiércol de bovino seco fueron pesados. Cada tipo de compost se preparó respetando la proporción correspondiente de desechos de hortaliza (Tabla 2).

Paso 2: Los sustratos se revolviaron con una pala y se humedecieron los sustratos con agua potable asperjada hasta alcanzar el 60% de humedad.

Paso 3: Las pilas se formaron por tratamiento o tipo de compost, cada una de 65 kilos de sustrato: la pila 1 una proporción de 25% de desechos (16.25 kilos + 48 kilos de estiércol bovino), pila 2 con 50% de desecho (32.5 kilos de desechos + 32.5 kilos de estiércol) y pila 3 con 75% de desechos de hortalizas (48.7 kilos de desechos + 16.3 kilos de estiércol).

Paso 4: La temperatura se midió diariamente en 3 puntos de la pila de compost durante la primera semana utilizando un termómetro de compostaje.

Paso 5: La humedad se revisó diariamente, manteniéndose al 60%

Paso 6: Las pilas se removieron en la primera semana diariamente y después de la segunda semana se removieron cada semana hasta los 45 días.

Paso 7: El compostaje se consideró finalizado cuando la temperatura de la pila fue igual a la temperatura ambiental y el sustrato tenía una consistencia diferente a lo normal.



Ilustración 10 Pesaje de materiales para la elaboración de compostas



Ilustración 11 Elaboración de composta

## **8.5 Aplicación de los tratamientos**

Los abonos orgánicos obtenidos fueron considerados como los tratamientos y se aplicaron al suelo 1.5 toneladas por hectárea, realizándose en dos aplicaciones, una al inicio del experimento (diciembre) y posteriormente a los 30 días (enero).



Ilustración 12 Aplicación de tratamientos

## **8.6 Toma de muestras del suelo:**

Al inicio del experimento, en cada parcela se tomó una muestra del suelo de 1 kilo a 20 cm de profundidad, y se formó una muestra compuesta de suelo obtenido de las parcelas de cada tratamiento. En cada muestra se analizaron las características físicas (Textura, color, densidad aparente, densidad real, porosidad) y químicas (carbono orgánico, materia orgánica, potasio, fósforo, nitratos, amonio y potencial de hidrógeno) iniciales del suelo.

Al final del experimento (duración de 60 días) se tomó otra muestra de suelo en cada micro-parcela para analizar las características físicas (Textura, color, densidad aparente, densidad real, porosidad) y químicas (carbono orgánico, materia orgánica, potasio, fósforo, nitratos, amonio y potencial de hidrógeno) del suelo.

## **8.7 Mediciones de variables de estudio**

### **8.7.1 Características físicas del suelo.**

#### **Textura del suelo**

Para la determinación de color del suelo se utilizó la técnica del manual de características físicas del laboratorio de suelos del centro universitario UAEM Temascaltepec.

#### Método del hidrómetro

#### Materiales:

- Hidrómetro de bouyoucos con escala de 0 a 60.
- Probeta de bouyoucos de 1 000 c.c
- Agitador con motor para dispersión
- Termómetro
- Suelos
- Bascula analítica o granataría
- Charola de pesado
- Piceta

#### Reactivos

- Oxolato de sodio al 5%
- Metacilicato de sodio al 5%
- Agua oxigenada al 6%
- Alcohol amílico
- Agua

#### Procedimiento:

- 1.- Emplear una muestra seca al aire y tamizar en maya de 2 mm de diámetro
- 2.- Pesar 50 gramos de muestra de suelo (textura fina) y echarlos al vaso del agitador
- 3.- Agregar 5 ml de Oxolato de sodio al 5% y 5 ml de Metacilicato de sodio al 5%
- 4.- Adicionar agua hasta la segunda raya del vaso

5.- Agitar durante 10 minutos.

6.- transcurridos los 10 minutos, verter en la probeta sin dejar nada de suelo en el vaso.

7.- Mover 10 veces

8.- Dejar reposar 40 seg y tomar la primera lectura con el hidrómetro y el termómetro

9.- Reposar 2 hr y tomar la segunda lectura sin agitar con el hidrómetro y el termómetro

Fórmulas: una vez corregida las lecturas, sustituir en la siguiente fórmula.

Porcentaje de limos + porcentaje de arcillas =  $(1^{\text{era}} \text{ lectura corregida} * 2 / \text{Gramos de muestra}) * 100$ .

Porcentaje de arena =  $100 - (\text{Porcentaje de limos} + \text{porcentaje de arcillas})$ .

Porcentaje de arcilla =  $(2^{\text{da}} \text{ lectura corregida} * 2 / \text{gramos de la muestra}) * 100$

Porcentaje de limos =  $(\text{Porcentaje de limos} + \text{porcentaje de arcillas}) - \text{Porcentaje de arcilla}$ .

La suma de por ciento de arena + por ciento de arcilla + por ciento de limos = 100, con el triángulo de texturas se triangularon los resultados para saber qué tipo de textura tiene.



Ilustración 13 Determinación de textura del suelo.

### **Color del suelo.**

Para la determinación de color del suelo se utilizó la técnica del manual de características físicas del laboratorio de suelos del centro universitario UAEM Temascaltepec.

#### **Materias**

- Placas de porcelana.
- Goteros.
- Suelo tamizado.
- Carta de colores Musell.

#### **Técnica**

- 1.- Tomar un poco de suelo tamizado seco y colocarlo en la placa de porcelana
- 2.- Comparar con las tablas de colores de Musell.

3.- Humedecer el suelo con un gotero cuidando que no quede saturado de agua y Comparar con las tablas de colores de Musell.

4.- Anotar en color de la muestra tanto en seco como en húmedo.



Ilustración 14 Determinación de color del suelo.

### **Densidad aparente**

Para la determinación de densidad aparente se utilizó la técnica del manual para características físicas del laboratorio de suelos del centro universitario UAEM Temascaltepec.

Método de la probeta

Material

- probeta de 10 ml
- balanza analítica
- franela

Procedimiento

1.- Pesarse una probeta de 10 ml vacía y registrar el peso.

2.- Agregar la muestra de suelo hasta los 10 ml y golpear ligeramente (10 veces) sobre la franela.

3.- Agregar el suelo que falta hasta los 10 ml.

4.- pesar la probeta con el suelo

5.- Restar el peso de la probeta vacía.

Para calcular la densidad aparente de la muestra se sustituyen los datos en la siguiente fórmula.

$Dap \text{ g/cm}^3 = \text{Peso de la probeta del suelo} / \text{volumen cilíndrico.}$

### **Densidad real**

Para la determinación de densidad real se utilizó la técnica del manual para características físicas del laboratorio de suelos del centro universitario UAEM Temascaltepec.

Método de picnómetro

Material

- Picnómetro.
- Balanza analítica.
- Piceta.
- Pinzas.
- Desecador de agua destilada.

Procedimiento.

1.- Pesar un picnómetro limpio y seco (registrar el peso).

2.- Colocar 5 gramos de muestra seca dentro del picnómetro.

3.- Limpiar el exterior del picnómetro, el polvo de la muestra de suelo y la grasa de los dedos.

4.- Agregar sobre el picnómetro agua destilada resiente y fría, hasta la mitad del volumen, durante el proceso tomar el recipiente solamente del extremo superior del cuello.

5.-Aplicar movimiento de rotación suave para desalojar el aire

6.- Dejar reposar 30 minutos y desplazar las burbujas de aire hasta observar que no haya quedado ninguna

7.- Llenar el picnómetro cuidando que quede lleno el capilar del tapón

8.- Pesar el picnómetro con suelo y agua (s+a)

9.- Lavar el picnómetro, dejando secar en la estufa por dos horas.

Nota: antes de sustituir en la fórmula restar el peso del picnómetro.

Fórmula

$\% DR = (\text{Peso del suelo} - \text{Peso del agua} / \text{Gramos de la muestra}) * 100.$



Ilustración 15 Determinación de densidad real del suelo.

### **Porosidad del suelo**

Para la determinación de densidad real se utilizó la técnica del manual para características físicas del laboratorio de suelos del centro universitario UAEM Temascaltepec.

Se sustituyen los valores obtenidos de densidad aparente y densidad real en la siguiente fórmula.

$$\% \text{ de porosidad} = 1 - (\text{densidad aparente} / \text{densidad real}) * 100.$$

### **8.7.2 características químicas del suelo y compostas.**

#### **pH del suelo y compostas**

Para la medición de pH se utilizó el método potenciométrico

#### Reactivos

- Agua destilada
- Soluciones reguladora

#### Material y equipo

- Potenciómetro
- Balanza granataria
- Charolas de pesado
- Espátula
- Muestra de suelo
- Vasos de precipitado
- Varilla de vidrio
- Piceta

#### Procedimiento

- 1.- Pesar 10g la muestra de suelo tamizado y vaciarlo al vaso de precipitado.
- 2.- Adicionarle 20ml de agua destilada.
- 3.- Agitar durante 1 minuto y dejar reposar 5 minutos hasta completar 30 minutos
- 4.- Calibrar el potenciómetro con la solución reguladora.
- 5.- Mover la solución con la varilla de vidrio e introducir el electrodo.

6.- Registrar el pH en el momento en el que la lectura se haya estabilizado.

Para la medición de pH en abonos orgánicos se pesaron 5 g de muestra y se siguió el procedimiento antes mencionado.

### **Carbono orgánico del suelo y compostas**

Para la determinación de carbono orgánico se llevó a cabo en el laboratorio de suelos del centro universitario UAEM Temascaltepec, se utilizó el método de Walkley & Black que consiste en la oxidación de la materia orgánica

#### Reactivos

- Dicromato de potasio
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido fosfórico.
- Difenilamina.
- Sulfato ferroso amoniacal.

#### Procedimiento:

1.- Pesar 0.5 g de suelo tamizado

Nota: En caso de las compostas se pesaron 0.1 g para evitar que las muestras se quemaran.

2.- Colocar la muestra de suelo en un matraz Erlenmeyer de 250 mililitros.

3.- Agregar 5 ml de dicromato de potasio

4.- Agregar 10 ml de ácido sulfúrico

5.- Dejar reposar 30 minutos

6.- Agregar agua destilada hasta 100 ml

7.- Agregar 3 o 5 ml de ácido fosfórico

8.- Agregar de 6 a 8 gotas de difenilamina

9.- Titular con sulfato ferroso amoniacal (anotando el volumen gastado, el viraje de azul oscuro a verde)

10.- Correr un testigo (se realiza el mismo procedimiento con todos los reactivos sin utilizar la muestra de suelo)

Los datos obtenidos se sustituyeron en la siguiente fórmula:

$(\text{Titulación del blanco} - \text{titulación de la muestra}) / \text{peso de la muestra} * 0.39$

### **Materia orgánica**

La determinación de materia orgánica se realizó por medio de convertir el contenido de carbono orgánico en materia orgánica utilizando el siguiente factor Van Benmelen de conversión:

$\text{MO} (\%) = \text{Carbono orgánico total} (\%) * 1.72$



Ilustración 16 Determinación de materia orgánica y carbono orgánico del suelo y compostas.



Ilustración 17 Determinación de materia orgánica y carbono orgánico del suelo y compostas.

### **Nitratos**

Los nitratos se determinaron por el método de colorimetría por medio del fotómetro Multiparamétricos HANNA HI83325-01, el cual proporciona los valores de Nitratos en forma de nitrógeno ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) mg/l y Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) mg/l.

Procedimiento:

- 1.- Pesar 0.5 g de la muestra ya seca y tamizada
- 2.- Colocar la muestra en un tubo cónico de plástico de centrifugadora de 50 ml y de igual manera colocar agua destilada 50 ml.
- 3.- Se ponen los tubos de la muestra en la centrifugadora durante 10 minutos a 1600 revoluciones por minuto.
- 4.- En matraces de 250 ml se coloca un embudo y papel filtro para proceder a colocar la muestra ya procesada en la centrifugadora, para que se filtre el agua.

Nota: Las muestras filtradas deben ser claras o en caso de ser turbias se les coloca carbono activado para la eliminación de impurezas y contaminantes orgánicos.

4.- Antes de comenzar a realizar las lecturas en el fotómetro de las muestras, se debe calibrar con un blanco con agua destilada; llene la cubeta con 10 ml de agua destilada (hasta la marca), tape y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo y cierre la tapa, pulse la tecla Zero, la pantalla mostrará "-0.0-" cuando el medidor esté cero y listo para la medición.

5.- Seleccione el método de Nitratos en el fotómetro para continuar con el procedimiento.

6.- Llene la cubeta con 10 mL de muestra sin reaccionar (hasta la marca), tape y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo y cierre la tapa.

7.- Retire la cubeta y agregue un sobre del HI93728-0 reactivo de nitrato, ponga la tapa y mezcle vigorosamente por exactamente 10 segundos. Continúe mezclando la cubeta invirtiendo suavemente la misma durante 50 segundos más, evitando que se creen burbujas, el polvo no se disolverá por completo. El tiempo y el método de agitación pueden afectar sensiblemente el resultado.

8.- Vuelva a colocar la cubeta en el equipo y cierre la tapa.

9.- Presione reloj (timer) y la pantalla mostrará la cuenta regresiva de 4 minutos 30 segundos

10.- Cuando finalice el reloj (timer), el equipo mostrará la lectura en pantalla, los resultados se expresan en mg/L (ppm) de Nitratos en forma de nitrógeno ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) mg/l y Nitratos ( $\text{NO}_3$ ) mg/l.

11.- Presione las flechas (arriba o abajo) para acceder a las funciones del segundo nivel.

12.- Presione la tecla Chem Form para convertir el resultado en mg/l (ppm) a ( $\text{NO}_3$ ).

## **Amonio**

El amonio se determinó por el método de colorimetría por medio del fotómetro Multiparamétricos HANNA HI83325-01, el cual proporciona los valores de Nitrógeno Disponible en forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) mg/l, Nitrógeno en forma de amoniaco ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ) mg/l y Amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) mg/l.

Procedimiento:

- 1.- Pesar 0.5 g de la muestra ya seca y tamizada
  - 2.- Colocar la muestra en un tubo cónico de plástico de centrifugadora de 50 ml y de igual manera colocar agua destilada 50 ml.
  - 3.- Se ponen los tubos de la muestra en la centrifugadora durante 10 minutos a 1600 revoluciones por minuto.
  - 4.- En matraces de 250 ml se coloca un embudo y papel filtro para proceder a colocar la muestra ya procesada en la centrifugadora, para que se filtre el agua.
- Nota: las muestras filtradas deben ser claras o en caso de ser turbias se les coloca carbono activado para la eliminación de impurezas y contaminantes orgánicos.
- 5.- Antes de comenzar a realizar las lecturas en el fotómetro de las muestras, se debe calibrar con un blanco con agua destilada; llene la cubeta con 10 ml de agua destilada (hasta la marca), tape y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo y cierre la tapa, pulse la tecla Zero, la pantalla mostrará "-0.0-" cuando el medidor esté cero y listo para la medición.
  - 6.- Seleccionar en el fotómetro la opción de Amoniaco.
  - 7.- De la muestra o dilución preparada tome 1 mililitro con la jeringa y coloque en una celda limpia, con la pipeta de 3 ml o con la jeringa como mejor le acomode, agregue hasta la marca de la cubeta de vidrio de 10 ml solución del reactivo HI93733B-0, tape y mezcle y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo y cierre la tapa.

8.- Retire la cubeta y agregue 4 gotas del 1<sup>er</sup> reactivo HI93733A-0, ponga la tapa y mézclela.

9.- Vuelva a colocar la cubeta en el equipo y cierre la tapa, presione reloj (timer) y la pantalla mostrará la cuenta regresiva de 3 minutos y 30 segundos, cuando finalice el reloj (timer), el equipo mostrará la lectura en pantalla, los resultados se expresan en mg/L (ppm) de nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N), presione las flechas (arriba o abajo para acceder a las funciones del segundo nivel y presione la tecla Chem Form para convertir el resultado en mg/L (ppm) de amoníaco (NH<sub>3</sub>) y amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

## **Fosforo**

El fósforo se determino por el método de colorimetría por medio del fotómetro Multiparamétricos HANNA HI83325-01, el cual proporciona el contenido de fosforo (P) Mg/l, óxido fosfórico (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) Mg/l y fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) Mg/l.

Procedimiento:

1.- Pesar 0.5 g de la muestra ya seca y tamizada

2.- Colocar la muestra en un tubo cónico de plástico de centrifugadora de 50 ml y de igual manera colocar agua destilada 50 ml.

3.- Se ponen los tubos de la muestra en la centrifugadora durante 10 minutos a 1600 revoluciones por minuto.

4.- En matraces de 250 ml se coloca un embudo y papel filtro para proceder a colocar la muestra ya procesada en la centrifugadora, para que se filtre el agua.

Nota: las muestras filtradas deben ser claras o en caso de ser turbias se les coloca carbono activado para la eliminación de impurezas y contaminantes orgánicos.

5.- Antes de comenzar a realizar las lecturas en el fotómetro de las muestras, se debe calibrar con un blanco con agua destilada; llene la cubeta con 10 ml de agua destilada (hasta la marca), tape y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo

y cierre la tapa, pulse la tecla Zero, la pantalla mostrará "-0.0-" cuando el medidor esté cero y listo para la medición.

6.- Una vez calibrado el fotómetro, continúe llenando la cubeta con 10 ml de la muestra, agregue 10 gotas del reactivo HI93717A-0 y añada un sobre del reactivo HI937171B-0 a la cubeta, tape y agite gentilmente hasta que el polvo se disuelva, vuelva a colocar la cubeta en el equipo y cierre la tapa.

7.- Presione reloj (timer) y la pantalla mostrará la cuenta regresiva de 5 minutos, cuando finalice el reloj (timer), el equipo mostrará la lectura en pantalla, los resultados se expresan en mg/L (ppm) de fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).

8.- Presione las flechas (arriba o abajo) para acceder a las funciones del segundo nivel.

9.- Presione la tecla Chem Form para convertir el resultado en mg/L (ppm) a fósforo (P) y pentóxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

10.- Presione flechas (arriba o abajo) para regresar a la pantalla de medición.

## **Potasio**

El potasio se determinó por el método de colorimetría por medio del fotómetro Multiparamétricos HANNA HI83325-01, el cual proporciona el contenido de Potasio (k) Mg/l y Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O) Mg/l.

Procedimiento:

1.- Pesar 0.5 g de la muestra ya seca y tamizada

2.- Colocar la muestra en un tubo cónico de plástico de centrifugadora de 50 ml y de igual manera colocar agua destilada 50 ml.

3.- Se ponen los tubos de la muestra en la centrifugadora durante 10 minutos a 1600 revoluciones por minuto.

4.- En matraces de 250 ml se coloca un embudo y papel filtro para proceder a colocar la muestra ya procesada en la centrifugadora, para que se filtre el agua.

Nota: las muestras filtradas deben ser claras o en caso de ser turbias se les coloca carbono activado para la eliminación de impurezas y contaminantes orgánicos.

6.- Antes de comenzar a realizar las lecturas en el fotómetro de las muestras, se debe calibrar con un blanco con agua destilada; llene la cubeta con 10 ml de agua destilada (hasta la marca), tape y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo y cierre la tapa, pulse la tecla Zero, la pantalla mostrará "-0.0-" cuando el medidor esté cero y listo para la medición.

7.- Seleccione el método de Potasio en el fotómetro para continuar con el procedimiento.

8.- Llene la cubeta con 10 ml de muestra sin reaccionar (hasta la marca), agregue 6 gotas del reactivo HI93750A-0 gire la cubeta de manera que se mezcle, tape y coloque la cubeta en el compartimiento del equipo y cierre la tapa.

9.- Pulse la tecla Zero. La pantalla mostrará "-0.0-" cuando el medidor esté cero y listo para la medición.

10.- Agregue un sobre de HI93750B-0 reactivo de potasio, vuelva a colocar la tapa y agítela suavemente durante 1 minuto, vuelva a colocar la cubeta en el equipo y cierre la tapa.

11.- Presione reloj (timer) y la pantalla mostrará la cuenta regresiva de 2 minutos, cuando finalice el reloj (timer), el equipo mostrará la lectura en pantalla, los resultados se expresan en mg/l (ppm) de potasio (K).

12.- Presione las flechas (arriba o abajo) para acceder a las funciones del segundo nivel.

13.- Presione la tecla Chem Form para convertir el resultado en mg/l (ppm) a óxido de potasio (K<sub>2</sub>O)

14.- Presione flechas (arriba o abajo) para regresar a la pantalla de medición.



Ilustración 18 filtración de muestra para trabajar en el fotómetro.



Ilustración 19 determinación de potasio.

### **8.7 Medición de porcentaje de cobertura**

Para la medición de cobertura se utilizó un cuadrante de madera de 1 m<sup>2</sup> dividido por segmentos de 10 centímetros cada uno (cada segmento representó el 10%), La

cobertura vegetal se estimó en cada parcela después de los 3 meses de la aplicación.



Ilustración 20 cobertura terrestre previo a la aplicación de los tratamientos



Ilustración 21 medición de cobertura terrestre

### 8.8 Diseño experimental:

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones.

### **8.8.1 Análisis de datos**

Los datos se analizaron con un ANOVA, la comparación de medias con la prueba de TUKEY ( $P < 0.05$ ), se utilizó el paquete estadístico de MINITAB, 2009, V16.

## IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 9.1 Características físicas del suelo antes de la aplicación de los tratamientos.

En la tabla 3 se reporta la textura del suelo del pastizal previo a la aplicación de los abonos orgánicos (compostas) de acuerdo con el sistema de clasificación y el triángulo de texturas, tomando en cuenta los indicadores relativos: arena, limo y arcilla se denominó que es un suelo con textura Franco-arenoso lo que nos indica de acuerdo con Thompson (2002), es un suelo generalmente muy permeable al aire al agua y a las raíces, presenta dos importantes limitaciones. La primera es un alto poder de retención de agua, la segunda la deficiente capacidad de almacenaje de nutrientes.

El suelo de los pastizales previo a la aplicación de los abonos orgánicos presentó color café-rojizo que nos indica un suelo en el que existe presencia de óxidos de hierro, esto de acuerdo con Vargas (2009) en donde menciona que el color del suelo refleja la composición, así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de fierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental.

La densidad aparente obtenida de  $1.1 \text{ mg/m}^3$  es debido al tipo de textura arenosa que se presentó el suelo. La investigación realizada por Salamanca & Sadeghian (2005) mencionan que el suelo contenía granitos biotíticos, por ser partículas gruesas dan lugar a texturas arenosas con mayor porosidad y mayor peso del suelo seco por unidad de volumen ( $1.2 \text{ mg/m}^3$ ) por lo que la densidad encontrada en este trabajo puede ser obtenidos en suelos arenosos.

De acuerdo con la relación de densidad aparente y densidad real se obtuvo un 98.43 de porosidad, que es el volumen total de espacio poroso o número de poros que hay entre partículas sólidas (orgánicas e inorgánicas) del suelo, el cual está ocupado en diferentes porcentajes de aire y agua (Carbajal, 1997).

Tabla 3 porosidad, densidad real y densidad aparente, textura y color del suelo del pastizal, previo a la aplicación de los tratamientos.

Variabes	Valor
Textura.	Franco- arenoso
Color.	Café- rojizo
Densidad aparente mg/m <sup>3</sup>	1.1
Densidad real	56.21
Porosidad %	98.43

## 9.2. Características químicas del suelo antes de la aplicación de tratamientos.

Las características químicas del suelo del pastizal antes de la aplicación de los tratamientos se presentan en la tabla 4, en donde se observó que el contenido del carbono orgánico (CO) y materia orgánica (MO) de acuerdo con NOM-021-RECNAT (2000) es muy bajo (< 4.0) El CO es el componente principal de la materia orgánica del suelo. Como indicador de la salud del suelo, el CO es importante por sus contribuciones a la producción de alimentos, la mitigación y adaptación al cambio climático. Un alto contenido en MO proporciona nutrientes a las plantas y mejora la disponibilidad de agua, lo cual mejora la fertilidad del suelo y, en definitiva, mejora la productividad de los alimentos. Además, el CO mejora la estabilidad estructural del suelo, promoviendo la formación de agregados que, junto con la porosidad, aseguran suficiente aireación e infiltración de agua para promover el crecimiento de la planta (Lefèvre et al., 2017).

El nitrógeno presente en el suelo mostró que la mayor disponibilidad se encuentra en el contenido de nitratos (18.44 mg/ l) seguido por el nitrógeno disponible en forma

de amonio (2.89 mg/l) que de acuerdo con Donahue & Miller (1989) el nitrógeno puede ser utilizado por las plantas en forma de catión de amonio o como aniones de nitrato. El contenido del potasio en el suelo del pastizal fue mayor como óxido de potasio (3.45 mg/l), según Ortiz-villanueva & Ortiz (1990) la fijación de potasio se define como el proceso de conversión de potasio intercambiable o soluble en agua a potasio moderadamente soluble, el contenido de fósforo presentó un valor más alto en forma de fosfato. Munera & Meza (2016) mencionan que el fósforo consiste primordialmente de fosfato, de hierro y aluminio y fosfatos ocluidos relativamente insolubles, en los cuales el fósforo se encuentra asociado con el hierro y aluminio. Los fosfatos de calcio están presentes solamente en muy pequeñas cantidades.

El valor de pH (5.06) presente en el suelo de los pastizales, de acuerdo con la NOM-021-RECNAT, (2000) representa un suelo moderadamente ácido que nos indica de acuerdo con (Ortiz-villanueva & Ortiz, 1990) la cantidad de Fe, Al, Mn soluble en muchos suelos, aumenta la acidez. Aunque el Fe-ferroso es más bien tóxico para muchas plantas, el Fe-ferroso no es tan decremental. El Al soluble, por otra parte, tiene una alta toxicidad para muchos de los cultivos comunes. En algunos suelos el Al soluble presente ha demostrado ser el responsable por la mayor parte de toxicidad en algunos cultivos. Generalmente, se cree que las concentraciones tóxicas del Al y Mn son el factor principal que contribuye con el pobre desarrollo en suelos ácidos.

Tabla 4 Estimación de pH, materia orgánica, carbono orgánico, nitratos, amonio, fósforo y potasio del suelo, previo a la aplicación de los tratamientos en los suelos de los pastizales

Variable	Valor
CO mg/litro	0.92

---

Materia orgánica (%)	1.58
Nitrógeno Disponible En forma de amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg/l	2.89
Nitrógeno en forma de amoníaco (NH <sub>3</sub> -N) Mg/l	0.44
Amoniaco (NH <sub>3</sub> ) mg/l	0.47
Nitratos en forma de nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N) mg/l	4.32
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) mg/l	18.44
Potasio (k) Mg/l	2.85
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O) Mg/l	3.45
Fósforo (P) Mg/l	0.82
Óxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Mg/l	1.56
Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	2.06
pH	5.06

---

### 9.3 Características químicas de los sustratos (compost)

#### 9.3.1 Carbono orgánico y materia orgánica de compostas elaboradas con desechos de hortalizas y heces de bovino.

La tabla 5, presenta el valor del carbono orgánico en los tratamientos utilizados, el T3, presento menor contenido de CO. El tratamiento con mayor contenido de carbono orgánico y materia orgánica fue el tratamiento 1 elaborado con 75% de heces pecuarias. Se observó que el contenido de heces estuvo relacionado con el

contenido de carbono orgánico, debido a que las heces son fuente de materia orgánica. De acuerdo con Tortosa (2019), el estiércol es un material rico en materia orgánica y en nutrientes esencial para las plantas como el nitrógeno, el fósforo o el potasio, entre otros.

Tabla 5 Carbono orgánico y Materia orgánica de compostas elaboradas con desechos de hortalizas y heces de bovinos.

Tratamientos	Descripción	Carbono orgánico CO (%)	Materia orgánica MO (%)
T1	25% desechos de hortalizas + 75 de heces pecuarias.	18.57	32.26
T2	50 % desechos de hortalizas + 50% de heces pecuarias.	16.57	28.57
T3	75% desechos de hortalizas + 25% de heces pecuarias.	13.26	22.86

### 9.3.2 Amonio: nitrógeno disponible, nitrógeno en forma de amonio y amoniaco de las compostas elaboradas con desechos de hortalizas y heces de bovino.

En la tabla 6, se muestra que el T1, presento mayor Nitrógeno disponible, mayor nitrógeno en forma de amoniaco y amoniaco. Esto se relaciona con el sustrato utilizado para la elaboración de las compostas, en este tratamiento se utilizó el 75% de heces y 25 % de hortalizas, el contenido de heces proporciono un mayor contenido de amoniaco debido a que como lo menciona Rendón-Huerta (2012), La aplicación de estiércol en tierras de cultivo proporciona un beneficio ecológico al depositar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el suelo; el nitrógeno del estiércol

se encuentra principalmente en forma de amoniaco y las plantas lo usan como nutriente.

La tabla 6 en general muestra que al disminuir en los tratamientos el % de heces, pecuarias, el nitrógeno disponible en forma de amoniaco, Nitrógeno en forma de amoniaco y el amoniaco disminuye también.

Tabla 6 Valores de Amonio, nitrógeno disponible, nitrógeno en forma de amonio y amoniaco de las compostas elaboradas con desechos de hortalizas y heces pecuarias.

Tratamientos	Descripción	Nitrógeno Disponible En forma de amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg/l	Nitrógeno en forma de amoniaco (NH <sub>3</sub> -N) Mg/l	Amoniac (NH <sub>3</sub> ) mg/l
T1	25% desechos de hortalizas + 75 de heces pecuarias.	69.9	54.3	66.0
T2	50 % desechos de hortalizas + 50% de heces pecuarias.	66.0	46.6	56.7
T3	75% desechos de hortalizas + 25% de heces pecuarias.	27.7	21.6	26.2

3

### 9.3.3 Nitratos: Nitratos en forma de nitrógeno y Nitratos de las compostas elaboradas con desechos de hortalizas y heces de bovino.

En la tabla 7 se observa que el tratamiento 1 presento un menor contenido de nitratos en forma de nitrógeno y nitratos debido al % de hortalizas que se utilizó, a diferencia del tratamiento 3 que como se puede observar en la tabla, presento un

mayor contenido de nitratos esto debido a que como refiere CERAI (2021), las hortalizas que más tienden a acumular nitratos son las de hoja y raíz, destacando la lechuga, el apio, la remolacha y los rabanitos. Las cuales fueron unas de las principales hortalizas que se utilizaron para la elaboración del compost.

Tabla 7 Valores de Nitratos en forma de nitrógeno y Nitratos presentes en las compost.

Tratamientos	Descripción	Nitratos en forma de nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N) mg/l	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) mg/l
T1	25% desechos de hortalizas + 75 de heces pecuarias.	16.6	73.7
T2	50 % desechos de hortalizas + 50% de heces pecuarias.	19.3	85.5
T3	75% desechos de hortalizas + 25% de heces pecuarias.	30.0	133.0

#### 9.3.4 Potasio, óxido de potasio, fósforo, óxido de fósforo y fosfato de los tratamientos elaborados con desechos de hortalizas y heces de bovino.

Todas las compostas presentaron contenido de potasio y fósforo. Sin embargo, la composta del tratamiento 2 elaboradas con 50 % desechos de hortalizas + 50% de

heces presento mayor contenido de potasio y óxido de potasio, en el caso del fósforo el tratamiento 1 presento mayor cantidad fósforo, lo anterior puede estar relacionado con los diferentes porcentajes utilizados de hortalizas y heces pecuarios para elaborar los tratamientos, los desechos de hortalizas utilizados como desperdicios de jitomate hojas de rábano, apio, perejil, cilantro, acelgas, espinacas, chícharo, brócoli que como lo menciona Galdón et al., (2016) las verduras y hortalizas más reconocidas por su contenido de fósforo son Ajo, champiñón, alcachofa, brócoli, pimienta, brotes de soja, perejil y apio. El fósforo Es un elemento importante en la nutrición de las plantas. Entre sus papeles en las plantas podemos mencionar que contribuye a que las plantas sean menos susceptibles ante el ataque de plagas y enfermedades, Coadyuva al buen crecimiento de las plantas, contribuye a formación de sistema radicular fuerte y abundante, contribuye a la formación y maduración de los frutos y es indispensable en la formación de las semillas (Pereira & Maycotte, 2011).

Tabla 8 Potasio, óxido de potasio, fósforo, óxido de fósforo y fosfato presentes en las compost.

Tratamientos	Descripción	Potasio (k) mg/l	Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O) mg/l	Fósforo (P) mg/l	Óxido de fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) mg/l	Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) mg/l
--------------	-------------	---------------------	--	------------------------	--	---

---

T1	25% desechos de hortalizas + 75 de heces pecuarias.	121	146	3.6	8.1	10.9
T2	50 % desechos de hortalizas + 50% de heces pecuarias.	206.7	249.6	2.1	4.8	6.4
T3	75% desechos de hortalizas + 25% de heces pecuarias.	138.45	165.75	3.3	7.5	10.0

---

### **9.3.5 Potencial de Hidrógeno de los sustratos elaborados de desechos de hortalizas y heces de bovino.**

La tabla 9 representa los valores del Potencial de Hidrógeno (pH) obtenidos de los distintos tratamientos, se puede observar que el valor del pH en los tres tratamientos es mediamente alcalino, esto de acuerdo con la NOM-021-RECNAT (2000). Los valores de pH en los 3 tratamientos se encuentran dentro de los parámetros de la norma para mejoradores del suelo que indica un intervalo de 6.5 a 8.0. El pH indica el grado de acidez de la solución del suelo, pero no la acidez total del suelo. El pH debido a la influencia que tiene sobre el desarrollo de las plantas y la fauna del suelo, incide además en la velocidad y calidad de los procesos de humificación y mineralización, así como en el estado de determinados nutrientes (Pereira & Maycotte, 2011).

Tabla 9 pH de sustratos elaborados con desechos de hortalizas y heces pecuarias

Tratamientos	Descripción	pH
T1	25% desechos de hortalizas + 75 de heces	7.8
T2	50 % desechos de hortalizas + 50% de heces	7.6
T3	75% desechos de hortalizas + 25% de heces.	7.68

#### **9.4 Características físicas de los suelos del pastizal después de la aplicación de los tratamientos.**

La textura que de acuerdo con Ortiz-Villanueva & Ortiz (1990) se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla del suelo. La textura del suelo se mantuvo después de la aplicación de los tratamientos siendo franco-arenosa, los suelos arenosos son más porosos y permiten una más rápida infiltración del agua, la porosidad en promedio que se presentó en los suelos de los tratamientos 1, 2 y 3 disminuyó ligeramente un 0.5% comparado con la textura del suelo inicial (98.43%). El color del suelo puede ser heredado por la roca madre de donde procede el suelo o el resultado de cambios importantes en el perfil, tiene relaciones importantes con el clima y el contenido de materia orgánica (Ortiz-villanueva & Ortiz, 1990). En este trabajo el color del suelo se modificó de Café- rojizo a café amarillento en donde se aplicaron los mejoradores de suelo, según Moreno & Blanquer (2005). Los suelos

de regiones húmedas son café rojizo, café o incluso amarillo, cuyo color es debido a la presencia de Goethita ( $\text{FeO-OH}$ ). Las formas altamente hidratadas son amarillas y conocidas como limonitas. Los colores rojos y amarillos provienen de la oxidación e hidratación de los compuestos minerales de hierro del suelo, cuando el drenaje permite la aireación y las condiciones de humedad y temperatura son favorables para la actividad química.

La densidad aparente de los tratamientos 1 y 2 disminuyeron en comparación con la densidad del tratamiento 4 (suelo sin aplicación de abonos orgánicos). El tratamiento 3 no presentó diferencias en la densidad aparente, mientras que la densidad real el tratamiento 1 disminuyó un 13.28% con respecto al suelo del tratamiento 4 que son suelos sin aplicación de abonos orgánicos.

Tabla 10 Estimación de textura, color, densidad aparente, densidad real y porosidad de los suelos de pastizales después de la aplicación de las compostas

Tratamiento	Textura	Color	Densidad aparente Mg/m <sup>3</sup>	Densidad real	Porosidad %
T1 (suelo + 25% desechos de hortalizas + 75 de heces)	Franco arenoso	Café amarillento	1.04	48.74	97.9
T2 (suelo + 50 % desechos de hortalizas + 50% de heces)	Franco arenoso	Café amarillento	1	55.46	98.2
T3  (Suelo + 75% desechos de hortalizas + 25% de heces.)	Franco arenoso	Café amarillento	1.1	49.35	97.8
T4 (suelo sin aplicación de tratamiento)	Franco- arenoso	Café- rojizo	1.1	56.21	98.43

## **9.5 Características químicas de los suelos de los pastizales después de la aplicación de los tratamientos (60 días).**

### **9.5.1. Carbono orgánico y materia orgánica del suelo de pastizales después de la aplicación de los tratamientos.**

El carbono orgánico y la materia orgánica del suelo después de la aplicación de los tratamientos presentaron diferencias significativas ( $p=0.0001$ ). El suelo del tratamiento 1, 2 y 3 presentaron similar contenido de carbono orgánico y materia orgánica en promedio obtuvieron 2.57% y 4.61%. Estadísticamente, se muestra que los tratamientos 1,2 y 3 son diferentes al T4, observándose un incremento en el carbono orgánico del 65.4% y de materia orgánica del 66.59% en los suelos que se les aplicó los abonos orgánicos comparado con el suelo que no se le aplicó ningún tipo de composta Como señala Marriott & Zaborski (2022) en general una composta se puede considerar más un acondicionador del suelo que un sustituto de fertilizante porque mejora las propiedades físicas y biológicas del suelo aumentando la materia orgánica que estimula la actividad microbiana y el ciclo de nutrientes del suelo, dicho con palabras de Román et al., (2013) las compostas tienen diversos beneficios que aporta al suelo: una mejora en las propiedades físicas: facilita el manejo del suelo para las labores de arado o siembra, aumenta la capacidad de retención de la humedad del suelo, reduce el riesgo de erosión, ayuda a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica), reduce la evaporación del agua y regula la humedad, mejora las propiedades químicas: Aportando macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes, Mejora la capacidad de intercambio de cationes, mejora la actividad biológica: Aportando organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar sustancias nocivas, mejorando las condiciones del suelo y aportando carbono para mantener la biodiversidad de la micro y macro-fauna (lombrices).

Tabla 10 Estimación de contenido de carbono orgánico y materia orgánica del suelo de pastizales después de la aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	C.O	M.O
	%	%
T1 (25% desechos de hortalizas + 75 de heces)	2.53 a	4.36 a
T2 (50 % desechos de hortalizas + 50% de heces)	2.53 a	4.36 a
T3 (75% desechos de hortalizas + 25% de heces.)	2.61 a	4.87 a
T4 (suelo sin aplicación de tratamiento)	0.89 b	1.54 b

### 9.5.2 Nitrógeno disponible en forma de amonio, nitrógeno en forma de amoniaco, amoniaco después de la aplicación de los tratamientos.

El suelo del tratamiento 4 (sin aplicación de abono orgánicos) y T3 presentaron menor disponibilidad de nitrógeno en forma de amonio, nitrógeno en forma de amoniaco y amoniaco con un valor de ( $p=0.0001$ ). El tratamiento 2 presentó mayor contenido de nitrógeno disponible en forma de amonio (1.87), nitrógeno en forma de amoniaco (1.45) y amoniaco (1.77). Las heces de bovino son una fuente de amoniaco, el estiércol de ganado bovino es una fuente de emisión de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{NH}_3$ , debido a que contiene nitrógeno, carbono y agua, sustratos esenciales que las bacterias metanogénicas y metanotróficas, así como las bacterias nitrificantes y desnitrificantes, transforman a formas orgánicas, el estiércol de los sistemas de producción ganadera contribuye con 30 a 50 % de las emisiones de

GEI provenientes de las actividades agropecuarias a nivel global (Hernández-Tapia et al., 2020 relación por la que aunque estadísticamente el tratamiento 2 (suelo + 50 % desechos de hortalizas + 50% de heces) fue diferente a los demás teniendo un aumento de 1.76 mg/l comparado con 0.11 mg/l que presento el tratamiento 4 que es el suelo sin aplicación de tratamiento.

Tabla 11 Contenido de nitrógeno disponible en forma de amonio, nitrógeno en forma de amoniaco, amoniaco de los suelos después de la aplicación de las compostas elaboradas con desechos de hortalizas y heces pecuarias.

Tratamiento	Nitrógeno Disponible En forma de amonio  (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) mg/l	Nitrógeno en forma de amoniac  (NH <sub>3</sub> -N) Mg/l	Amoniac  (NH <sub>3</sub> ) mg/l
T1 (suelo + 25% desechos de hortalizas + 75 de heces)	0.52 b	0.33 b	0.41 b
T2 (suelo + 50 % desechos de hortalizas + 50% de heces)	1.87 a	1.45 a	1.77 a
T3 (75% desechos de hortalizas + 25% de heces.)	0.23 c	0.18 cb	0.27 cb
T4 (suelo sin aplicación de tratamiento)	0.11 c	0.10 c	0.09 c

### **9.5.3 Nitratos en forma de nitrógeno y nitratos después de la aplicación de los tratamientos.**

Los tratamientos 1, 2 y 3 elaborados con distintos porcentajes de desechos de hortalizas y heces de bovino presentaron diferencias estadísticas ( $p= 0.0001$ ) comparados con el suelo del tratamiento 4 en donde no se le aplicó ningún tratamiento, el suelo del tratamiento 1 (suelo + 25% de hortalizas + 75% de heces pecuarias) estadísticamente es diferente ( $p= 0.0001$ ) a los demás tratamientos presentando un mayor contenido de nitratos en forma de nitrógeno, esto podría estar relacionado con el contenido de heces utilizado para la elaboración del tratamiento porque comparado con otras investigaciones en donde los objetivos del estudio fueron evaluar el uso de estiércol o compost para sustituir total o parcialmente el fertilizante nitrogenado en maíz forrajero y estimar la eficiencia del N. De 2001 a 2003 se evaluaron tratamientos con estiércol, fertilizante químico y la combinación de estiércol o compost + fertilizante (Figuroa-Viramontes et al., 2016) en donde por su aportación de nitrógeno se utilizaron heces de bovino para el desarrollo del experimento. En este trabajo, en promedio la aplicación de los tratamientos 1, 2 y 3 a los suelos de pastizales aumento un 99% en los nitratos disponibles en forma de nitrógeno y un 96% de nitratos comparado con el tratamiento 4 que es un suelo sin ninguna aplicación de composta

Tabla 12 contenido de nitratos en forma de nitrógeno y nitratos de los suelos después de la aplicación de las compostas elaboradas con desechos de hortalizas y heces pecuarias.

Tratamientos	Nitratos en forma de nitrógeno (NO <sub>3</sub> -N) mg/l	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) mg/l
T1 (25% desechos de hortalizas + 75 de heces)	8.9 c	35.8 c
T2 (50 % desechos de hortalizas + 50% de heces)	8.75 a	38.9 a
T3 (75% desechos de hortalizas + 25% de heces.)	4.9 a	27.46 a
T4 (suelo sin aplicación de tratamiento)	1.93 b	8.9 b

#### **9.5.4 Potasio, óxido de potasio, fósforo, óxido de fósforo y fosfato del suelo después de la aplicación de los abonos orgánicos.**

El contenido de potasio, óxido de potasio y fosfato en el suelo presentó diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0.0001$ ). El tratamiento 3 presentó mayor contenido potasio. El contenido de potasio y óxido de potasio de los tratamientos 1 y 2 fue similar ( $P>0.05$ ). El T4 (Testigo) presentó 99.74% menos potasio que el resto de los tratamientos que tuvieron aplicación de abonos orgánicos.

El contenido de fósforo, óxido de fósforo, y fosfato de los tratamientos 1, 2, 3 y 4 estadísticamente presentaron diferencias ( $p=0.005$ ) el tratamiento 2 y 3 numéricamente no presentan diferencias con respecto al tratamiento 1, pero estadísticamente estos 3 tratamientos, en promedio de los tratamientos aumentaron un 90% el contenido de fósforo, óxido de fósforo y fosfato con respecto al tratamiento 4.

Lo que nos indica que al aplicar los tratamientos a los suelos existió una mejora en estas propiedades del suelo, que como lo menciona Roberts (1997) El P y K son dos de los tres nutrientes primarios esenciales para el crecimiento de la planta. Son primarios porque la planta los requiere en cantidades altas y esenciales porque son indispensables para el crecimiento, desarrollo y reproducción de la planta y no pueden ser reemplazados por otros nutrientes.

Tabla 13 Contenido de potasio, óxido de potasio, fósforo, óxido de fósforo y fosfato del suelo después de la aplicación de compostas.

Descripción	Potasio (K) Mg/l	Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O) Mg/l	Fósforo (P) Mg/l	Óxido de fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) Mg/l	Fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) Mg/l
T1 (25% desechos de hortalizas + 75 de heces)	17.1 b	20.7 b	0.53 a	1.2 a	1.53 a
T2 (50 % desechos de hortalizas + 50% de heces)	16.85 b	20.3 b	0.63 a	1.53 a	2.03 a
T3 (75% desechos de hortalizas + 25% de heces)	24.15 a	29 a	0.63 a	1.5 a	2 a
T4 (suelo sin aplicación de tratamiento)	1.31 c	1.64 c	0.06 b	0.16 b	0.23 b

#### 9.5.5 pH de los suelos después de la aplicación de los tratamientos elaborados con desechos de hortalizas y heces pecuarias.

El pH de los suelos después de la aplicación de los tratamientos estadísticamente presento diferencias significativas ( $p= 0.005$ ) los tratamientos 1, 2 y 3 en promedio presentaron un pH de 7.2 comparándolo con el tratamiento 1 (suelo sin aplicación de tratamientos) se incrementó con respecto el valor de pH del suelo que no se le aplicó tratamiento lo que nos indica una mejora en esta propiedad química del suelo porque de acuerdo con la (NOM-021-RECNAT, 2000) el pH del suelo del tratamiento 4 es moderadamente ácido (6.0) mientras que el pH de los tratamientos 1, 2 y 3 es neutro.

Tabla 14 Estimación de pH de los suelos de las praderas después de la aplicación de las compostas.

Tratamientos	pH
T1 (suelo + 25% desechos de hortalizas + 75 de heces)	7.1
T2 (suelo + 50 % desechos de hortalizas + 50% de heces)	7.3
T3 (suelo + 75 % desechos de hortalizas + 25% de heces)	7.4
T4 (suelo sin aplicación de tratamiento)	6.06

## 9.5 Cobertura forrajera

La "Cobertura" de la tierra, es la cobertura (bio) física que se observa sobre la superficie de la tierra en un término amplio no solamente describe la vegetación y los elementos antrópicos existentes sobre la tierra, sino que también describen otras superficies terrestres como afloramientos rocosos y cuerpos de agua (MAZA, 2009) en la tabla 16 se muestran los porcentajes de cobertura forrajera que se presentaron en las micro-parcelas en donde comparándolas con el tratamiento 4 (suelo sin aplicación de tratamientos) numéricamente la cobertura aumento notablemente, en promedio los tratamientos 1, 2 y 3 presentaron un 78% de cobertura terrestre.

El suelo del tratamiento 3, presentó mayor cobertura terrestre con un 90% seguido por el suelo del tratamiento 1 con un 80%. La mejora en la cobertura se relaciona con la aplicación de los abonos orgánicos debido al contenido de nutrientes que aportaron y al incremento de la humedad de cada parcela que favoreció el desarrollo de los tallos rastreros (estolones) del pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*). El pasto estrella africana *Cynodon nlemfuensis* es una gramínea perenne rizomatosa y estolonífera de profundas raíces, originará del esta África y está bien adaptada a trópicos y sub trópicos. Presenta estolones y tallos aéreos que pueden medir de alto unos 40 centímetros y de diámetro cerca de la base unos 1 – 1.5 milímetros. Su floración y crecimiento responde a días cortos, Se puede establecer óptimamente en suelos de textura ligera, desde Arenosos hasta arcillosos pesados, bien drenados, con pH de 5.5 – 8.0, tolerante a calor y salinidad. Pero no es tolerante a encharcamiento prolongado. A una altura de 0 – 1.800 msnm (metros sobre el nivel del mar). Se desarrolla en lugares de altas temperaturas 17 a 27 °C. Precipitaciones anuales de 800 – 2.800 milímetros y es tolerante a sequía (Martinez, 2019). Por lo anterior, las condiciones climáticas de la zona de estudio, además la aplicación de los abonos orgánicos debido a su aporte de nutrientes, favoreció en el suelo degradado el desarrollo del pasto y con ello la cobertura vegetal.

Tabla 15 porcentajes de cobertura terrestre en las parcelas previo a la aplicación de los tratamientos

Descripción	Cobertura %
T1 (suelo + 25% desechos de hortalizas + 75 de heces)	80%
T2 (suelo + 50 % desechos de hortalizas + 50% de heces)	65%
T3 (suelo + 75 % desechos de hortalizas + 25% de heces)	90%
T4 (suelo sin aplicación de tratamiento)	30%

## **X. CONCLUSIONES**

La aplicación de los abonos orgánicos mejoró las características físicas del suelo del pastizal, mejorando la porosidad, la densidad aparente y densidad real de los suelos de los pastizales, el mayor contenido de N, P y K se presentó en los suelos fertilizados con abonos orgánicos elaborados con distintos porcentajes de desechos de hortalizas y heces de bovino.

La utilización de los abonos orgánicos mejoró la cobertura vegetal en los suelos degradados de pastizales naturales. Por lo anterior, la utilización de los desperdicios orgánicos como los desechos de hortalizas es una opción para ser utilizados como abonos orgánicos cuando son mezclados con estiércol pecuario, disminuyendo con ello el efecto negativo al ambiente de ambos.

Los desechos de hortalizas mezcladas con heces pecuarias pueden ser utilizados como abonos orgánicos porque cumplen con la NMX-AA-180-SCFI-2018, por lo que son una opción para su reutilización y disminuir el efecto negativo al ambiente por la contaminación con moscas y emisión de malos olores.

## **XI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda dar seguimiento a los trabajos de mejoradores de los suelos durante más tiempo, debido a que en este trabajo solamente se evaluó durante un periodo de 60 días. Se recomienda hacer uso de los abonos orgánicos con aplicaciones mayores a 1.5 toneladas y que estas se realicen al inicio de la época de lluvias para su mejor aprovechamiento. Continuar realizando trabajos de investigación con el uso de los desechos de hortalizas mezclados con estiércoles pecuarios y evaluar desechos de hortalizas por separado para obtener las aportaciones al suelo de cada una de las hortalizas.

## XII. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Baver, G. A. (2006). Las heces del bovino y su relación con la alimentación. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1-9.
- Carbajal, R. (1997). *Propiedades físicas, químicas, y biológicas de los suelos*. Santa Fe de Bogotá: produmedios.
- CERAI. (2021). *Nitratos, agricultura ecológica y el invierno*. Artaza, Navarra.: La Fertilidad de la Tierra.
- Dimas, L. M. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas y químicas en del suelo y rendimiento en maíz. *redalyc*, 8.
- Donahue, R. L., & Miller, R. W. (1989). *Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas*. Editorial prentice/ hall internacional.
- Figuroa-Viramontes, U., Cueto-Wong, J., Delgado, J., Núñez-Hernández, G., & Reta-Sánchez, D. G. (2016). Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *scielo México*, 2-9.
- Galdón, A., Garriga, M., Chacín, J., & Ramírez, M. V. (30 de marzo de 2016). *Alimentos que destacan por su contenido en fósforo*. Recuperado el 19 de agosto de 2023, de Fistera: <https://www.fistera.com/ayuda-en-consulta/dietas/alimentos-que-destacan-por-su-contenido-fosforo/#sec1>
- Hernandez, A. (2002). *Situación actual del recurso suelo en México y la incorporación de abonos orgánicos como estrategia para su conservación*.
- Hernández-Tapia, N., Salinas-Ruiz, J., Saynes-Santillán, V., Ayala-Rodríguez, J. M., Hernández-Rosas, F., & Velasco-Velasco, J. (2020). Emisión de n<sub>2</sub>o, co<sub>2</sub> y nh<sub>3</sub> a partir de estiércol de bovinos con diferente porcentaje de proteína cruda en la dieta. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2-4.
- IDEAM. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Colombia: Bogotá, D. C.
- INEGI. (14 de julio de 2014). Erosión del suelo en México. pág. 8.

- Rendón-Huerta, J. A; Juan M, P.-R., Juan C, G.-L., Luz, Y, P.-A & Cecilia, G.-G. (2012). *Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América*. México: Agrociencia.
- Konijnenburg, A. v. (2006). *Agricultura organica el suelo: sus componentes físicos*. *inta*, 17.
- Lefèvre, C., Rekik, F., Alcantara, V., & Wiese, L. (2017). *Carbono orgánico del suelo el potencial oculto*. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- López Fernández, S. (2016). *Comparaciones de características físicas y químicas de compostas elaboradas con heces de bovinos, caprinos, equinos, y ovinos durante las estaciones del año*. México: Universidad Autónoma del Estado de México, Maestría y doctorado en ciencias agropecuarias y recursos naturales.
- Marriott, E., & Zaborski, E. (10 de julio de 2022). *Preparación y uso de compost para la agricultura orgánica*. Recuperado el 17 de agosto de 2023, de eOrganic: <https://eorganic.org/node/35223#:~:text=Aumentando%20el%20contenido%20de%20materia,estar%C3%A1%20disponible%20para%20las%20plantas>.
- Martinez, F. (25 de enero de 2019). *información de pastos y forrajes*. Recuperado el 25 de agosto de 2023, de Ficha Técnica Pasto Estrella: <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-estrella/>
- Maza, C. V. (2009). *“Clasificación y análisis de la cobertura vegetal sobre la subcuenca zamora huayco - cantón LOJA”*. Loja - Ecuador: Universidad técnica particular de loja.
- Moreno, H., & Blanquer, J. y. (2005). *El color del suelo*. Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, departamento de producción vegetal.
- Munera, G. A., & Meza, D. C. (2016). *El fósforo, elemento indispensable para la vida vegetal*. Pereira: Universidad tecnológica de Pereira.
- NOM-021-RECNAT, N. O. (2000). *NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y*. México: DIARIO OFICIAL.
- Ortiz-villanueva, B., & Ortiz, C. (1990). *Edafología*. México: V.A. Gómez Cuevas.
- Pereira, C. A., & Maycotte, C. C. (2011). *Edafología 1*. Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.

- Porta, J. L. (1999). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Roberts, T. (1997). Papel del fósforo y del potasio en el establecimiento de los cultivos. *Informaciones agronomicas*, 1-4.
- Román, p., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. El Caribe santiago de chile: FAO.
- Rucks, L. F. (2004). propiedades físicas del suelo. *facultad de agronomía, universidad de la república.*, 2-50.
- Salamanca, A., & Sadeghian, S. (2005). *La densidad aparente y su relación con otras propiedades del suelo en la zona cafetera colombiana*. Colombia: Cenicafé.
- Serrano, R. (2016). *Importancia del suelo como recurso natural en los ecosistemas agrarios*. ...: Edafología en la UPM.
- Suárez, A. S., Jiménez, A. F., Castro-Franco, M., & Cruz-Roa, A. (2017). *Clasificación y mapeo automático de coberturas del suelo en imágenes satelitales utilizando Redes Neuronales Convolucionales*. Colombia: Universidad de los Llanos.
- Tapia, K. G. (2021). *Abonos orgánicos como mejoradores de suelo: análisis de estiércol de elefante y estiércol de caballo*. Toluca: universidad autónoma del estado de México facultad de planeación urbana y regional.
- Teuscher henry, A. r. (1987). *El suelo y su fertilidad*. México: continental.
- Thompson, L. T. (2002). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona: reverté.
- Tortosa, G. (18 de agosto de 2019). *La ciencia de la composta*. Recuperado el 19 de junio de 2013, de Materiales para compostar: Estiércol de vaca: <http://www.compostandociencia.com/2019/08/materiales-para-compostar-estiercol-de-vaca/#:~:text=Esti%C3%A9rcol%20de%20vaca%20para%20hacer%20compost&text=Pueden%20compostarse%20por%20si%20solos,estructura%20f%C3%ADsica%20a%20la%20mezcla>.
- Vargas, R. (2009). *Guía para la descripción del suelo*. Roma: Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.
- Yaguey, J. L. (1999). *el suelo y los fertilizantes*. madrid: mundi-prensa.

