



**Benemérita  
Universidad Autónoma de Puebla**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**“OBTENCION DE COMPOSTA A BASE DE RESIDUOS  
ORGANICOS CASEROS”**

**TESINA PROFESIONAL**

Que para obtener el Título de:

**Licenciatura en Ingeniería Ambiental**

**Presenta:**

**Juan Sebastián Rodríguez Castro**

**Director de Tesina:**

**Dra. María Emelia Zamora López**

**Asesor de Tesina**

**Mto. Ángel Silveti Loeza**

**Puebla, Pue. noviembre 2019**

**QUÍMICA**

## Contenido

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA .....	1
INTRODUCCION.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
JUSTIFICACION.....	5
OBJETIVOS .....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos .....	6
HIPOTESIS .....	6
CAPÍTULO I.....	7
I.1 MARCO TEORICO .....	7
I.1 Factores que componen el suelo .....	7
I.1.1. Clima.....	7
I.1.2. Litología.....	8
I.1.3. Seres vivos .....	8
I.1.4. Relieve .....	9
I.1.5.1. Leptosoles .....	10
I.1.6. Edad .....	10
I.2. Designación de horizontes en un suelo .....	11
I.2.1 Horizonte A:.....	11
I.2.2. Horizonte B:.....	11
I.2.3 Horizonte C:.....	12
I.2.4 Horizonte D:.....	12
I.3 Nutrientes en suelos necesarios para el crecimiento de las plantas.....	13
I.3.1 Función de los nutrientes .....	13
CAPITULO II .....	17
II.1.Composta.....	17

II.1.1. Fase Mesófila.....	17
II.1.2. Fase Termófila o de Higienización .....	18
II.1.3. Fase de Enfriamiento o Mesófila II .....	19
II.1.4. Fase de Maduración .....	20
II.2 Otros métodos de compostaje.....	21
II.2.1 Proceso de obtención de humus, metodología Al-Rafidain Engineering .....	21
II.2.2. Conformación de estratos.....	23
II.2.3. Caracterización de los lixiviados generados en el proceso de compostaje provenientes de residuos orgánicos de plaza de mercado y su uso como complemento nutricional para cultivos hidropónicos .....	23
II.2.4. Caracterización del lixiviado agroecológico a partir del proceso de compostaje de residuos orgánicos de cultivos agroecológicos .....	25
Capitulo III.....	27
3.1 METODOLOGIA .....	27
3.1.1. Materiales .....	27
3.2. Procedimiento .....	27
3.3. Obtención de la composta.....	30
Determinación de Nitrógeno total .....	32
Determinación de Fósforo total .....	36
Discusión y análisis de resultados.....	37
Fuente (Propio del autor) .....	38
Conclusiones.....	41
BIBLIOGRAFIA.....	41
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	42

## INTRODUCCION

Es alarmante observar los niveles actuales de contaminación a nivel mundial, en suelo, agua y aire. El estudio de la prevención o la minimización de contaminantes desde su origen, es llamado química verde, buscando una contribución y una mejora de la calidad de vida del hombre. Un problema común en estos tiempos es la propagación de fertilizantes en suelos, ya que no suele aplicársele algún control, tiene como consecuencia la erosión del suelo y los mantos acuíferos, dañando el ecosistema y los seres vivos que interactúan con este. Algunos agricultores forman sus propios fertilizantes adicionando fosfatos, nitratos y sulfatos, así como algunos micronutrientes a sus cultivos de forma inadecuada, ya que no conocen las cantidades adecuadas para un funcionamiento ideal del suelo y el crecimiento adecuado de las plantas, en muchos casos con cantidades excesivas, de manera que no toman en cuenta las características propias del suelo que usan, por lo tanto es difícil para ellos analizarlos y saber de qué nutrientes carece el suelo que utilizan.

Se hará un tipo de composta elaborada a partir de materia orgánica casera enriquecida con suelo de horizonte A, posteriormente un análisis de la cantidad de Nutrientes primarios (P y N<sub>2</sub>) resultado del proceso de compostaje y con estos datos se harán comparaciones con valores de organismos gubernamentales y/o de investigación científica para conocer la ubicación de estos parámetros.

Una de las formas de solucionar este problema es encontrar un indicador natural de estas sales primarias, que sea económico y se encuentre al alcance de los agricultores.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La remediación de los suelos es muy importante, ya que durante los últimos años la capacidad nutritiva de los suelos ha disminuido, por meteorización así como por el uso excesivo de monocultivos que extraen los mismos nutrientes n cantidad de veces, es de observarse que también el uso de sustancias químicas por fertilización excesiva, uso de plaguicidas y algunos desechos industriales son absorbidos por los suelos causando la erosión de algunos y la pérdida de materia orgánica en otros. De tiempo atrás se han empleado diferentes medidas de prevención de pérdida de suelos. En el mundo los métodos más comunes son: rotación de cultivos, uso de fertilizantes, uso de insecticidas orgánicos y composteo.

Un claro ejemplo de un mal manejo de los suelos es destruir ecosistemas forestales por su extensión territorial y abundancia de nutrientes, donde el suelo se utiliza para la agricultura en su demandante aumento, así como la obtención de madera clandestinamente, es una forma de deteriorar los ecosistemas desencadenando la pérdida total de estos y la degradación de los suelos.

Existen diversos tipos de suelos, tal es el caso en el estado de Puebla, donde se utiliza una gama variada de prácticas de uso de suelo, entre ellas los pastizales, el uso para el consumo de ganado, maderero y la alimentación de humanos y animales por medio de la agricultura. La mayoría de estos suelos sufren una transformación para conseguir áreas de mayor cultivo para el consumo humano y animal, desafortunadamente la mayoría de las veces los suelos son mal administrados, por lo tanto no todas las veces tienen una alta tasa de éxito, esto da lugar a un abuso de los suelos y a una fragmentación y erosión del suelo, un ejemplo para el estado de Puebla se ubica en el volcán de La Malinche donde son en su mayoría áreas forestales.

## JUSTIFICACION

El compostaje es un método que consiste en la reutilización de desechos orgánicos tanto del hogar como a nivel industrial, en este caso se realizara un compostaje casero que cualquier persona puede hacer, se debe tomar en cuenta que este método es barato y sencillo, por lo tanto se utilizara para obtener una solución pequeña pero efectiva para el deterioro del suelo a nivel urbano.

La presente investigación pretende usar el método de compostaje, a través de la descomposición de la materia orgánica que se obtiene como producto, el cual resulta ser un excelente abono con los minerales y nutrientes orgánicos necesarios para un buen desarrollo de los suelos erosionados, con este material orgánico se fertiliza el suelo de manera natural por lo que reciclando los desechos orgánicos se obtiene la tan mencionada composta, significando un ahorro importante de recursos económicos y de un adecuado desarrollo sustentable y ecológico de cada familia.

Todo ser humano debería realizar una acción de compostaje en los hogares ya que todos producimos desechos orgánicos, así aprovechando la materia orgánica se producirá un compostaje casero, tomando en cuenta que es un método económico y sencillo. Esta es una solución pequeña pero efectiva para evitar y corregir el deterioro del suelo a nivel urbano. (Horticultor.es, 2016)

En las últimas décadas, se ha generado un enorme proceso de crecimiento demográfico y económico, donde se producen importantes consecuencias y un adverso impacto ambiental. El crecimiento de la población, la excesiva industrialización, una explotación desmedida de los recursos naturales y el uso inconsciente de los suelos, son el perfecto ejemplo de un resultado catastrófico e irreversible para el medio ambiente.

Un factor muy importante para la degradación de suelos es la contaminación, ya que la calidad de un suelo, es decir, su capacidad para sostener efectivamente el crecimiento de las plantas y otros organismos, puede verse afectada

negativamente por la contaminación. (Ortega, Benavides, Arteaga & Zermeño, 2009).

El municipio de Puebla consta de grandes potencialidades, ya que gracias a sus dimensiones tiene ventaja comparándola con los municipios de su entorno inmediato y a nivel nacional con las grandes ciudades económicas; en consecuencia, se ha transformado de una manera que el territorio urbano ha progresado en tamaño sufriendo una disminución de las áreas naturales en las últimas décadas; mismo que constituye parte importante de los ecosistemas que le sirven de soporte a la ciudad. Los territorios periféricos han sido receptores de esta mancha urbana de manera constante ya que la mayoría de las veces se construyen zonas residenciales. El 65% del territorio urbano produjo asentamientos con irregularidades. (Oldman, 1991)

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Crear una composta orgánica necesario para el crecimiento adecuado de las plantas por medio de desechos orgánicos enriquecida con suelos horizonte A

### **Objetivos específicos**

- Diseñar un prototipo de composteo casero de bajo costo.
- Evaluar el contenido de nitrógeno (N<sub>2</sub>) y fósforo (P) en los lixiviados de la composta obtenida Utilizando el método espectrofotométrico UV-Vis.
- Análisis de los datos obtenidos de nitrógeno (N<sub>2</sub>) y fósforo (P) por comparación con datos ya establecidos por organizaciones gubernamentales y/o fuentes científicas.

## **HIPOTESIS**

Al realizar esta investigación es de esperarse que los cultivos se desarrollen de una manera que la planta obtenga los nutrientes necesarios para un desarrollo adecuado.

## **CAPÍTULO I**

### **I.1 MARCO TEORICO**

#### **I.1 Factores que componen el suelo**

El suelo se define como un cuerpo natural organizado e independiente, con propiedades que son el resultado de la acción de una serie de factores tales como los diferentes tipos de clima, los organismos que viven en él, el relieve del suelo y el tiempo que este tarda en transformarse. El suelo es un sistema expuesto a la atmósfera y la corteza terrestre, que almacena los recursos necesarios para que los seres vivos se alimenten. Los recursos disponibles tales como la energía, los nutrientes minerales y el agua dependen en gran medida de la velocidad y cantidad de tiempo de los procesos que componen la interacción del suelo con los procesos y sistemas biológicos.

La formación del suelo se da desde la roca madre, y en el proceso de formación se desarrollan una serie de procesos químicos y físicos que transforman el material original para darle una morfología y propiedades propias del nuevo producto. El suelo es un cuerpo que se somete a las leyes de la naturaleza tales como la litósfera, hidrósfera, biósfera y atmósfera. Hay cinco factores que componen el suelo y sus características, los cuales son:

##### **I.1.1. Clima**

El clima son condiciones a las que el planeta está sujeto tales como la humedad, temperatura, el relieve y la vida vegetal. Por lo tanto controla algunos procesos del

suelo así como la intensidad de sus nutrientes. Es el principal factor que altera la química del suelo, así como la fragmentación de sustratos y las diferentes densidades de los suelos. El flujo de agua y los procesos químicos de las rocas regulan en su mayoría la velocidad de los procesos del suelo. Los suelos presentan algunas propiedades determinadas las cuales dependen de las características climáticas de su ubicación. Las alteraciones químicas y las características climáticas controlan directamente la cantidad y tipo del suelo, un ejemplo de esto son los tipos de arcilla presentes.

### **I.1.2. Litología**

La litología es una rama de la geología que estudia las rocas en específico condiciona las propiedades químicas del sustrato original tales como la acidez y abundancia de nutrientes y las propiedades físicas del suelo como la permeabilidad, consistencia y textura. El material original del que se compone el suelo tiene una gran influencia en las características de este como lo es el color, acidez, textura, estructura, etc... Cuando algunas rocas se componen de una gran cantidad de minerales inestables, progresarán de manera más fácil y rápida para la formación de suelos, mientras que las arenas maduras como el cuarzo contienen minerales estables, siendo que en estos sea difícil que lleguen a edafizarse aunque se expongan a la meteorización por un largo tiempo. Las mismas rocas regulan la penetración y circulación tanto del aire como del agua, esto condicionará la fragmentación, la alteración y translocación de los materiales que conformarán y condicionarán al suelo de modo decisivo.

### **I.1.3. Seres vivos**

Uno de los seres vivos más importantes y que tienen mayor relación con los suelos son las plantas ya que estas constituyen la principal fuente de materia orgánica del suelo y viceversa. La vegetación también representa un papel clave en la formación del suelo, en el caso de líquenes y raíces ya que se considera su

aporte de materia orgánica y la capacidad de meteorización de la roca. Los seres vivos son tan importantes que condicionan los procesos químicos y físicos, por lo general favorecen la fertilización el suelo ya que los desechos son procesados por microorganismos estos restos son ampliamente aprovechados por los suelos y las plantas nuevamente, es un ciclo. Hay ciertos tipos de animales excavadores que ayudan a mezclar y triturar los diferentes materiales del suelo, haciendo que el suelo obtenga sus características de estructura, permeabilidad y aireación, difiere en gran medida al lugar y tipos de seres vivos en los que se desarrolle este suelo por lo general, los seres vertebrados y algunos invertebrados, como es el caso de los artrópodos, son responsables de la bioturbación del suelo y de una mezcla homogénea en el suelo. De tal manera, algunos tipos de invertebrados no artrópodos al mismo tiempo colaboran con la mezcla y alteración de mineral y materia orgánica.

#### **I.1.4. Relieve**

El relieve son las diversas formas que adopta la superficie terrestre. Todo este ciclo de transformaciones donde se construye y destruye el relieve terrestre se conoce con el nombre de ciclo geológico. (gob.mx, 2017)

La importancia del relieve es una condición y va sujeto al desarrollo del suelo, fundamentalmente la profundidad y la diferenciación de horizontes e influye sobre el transporte por gravedad. En el caso de los relieves más abruptos originan suelos tipo leptosoles (espesor a 25 cm o requiriendo menos del 10 % de tierra fina) son, poco profundos favoreciendo la erosión, el caso contrario con los valles, se favorece el desarrollo en profundidad del suelo. Además, condiciona procesos geomorfológicos y otros aspectos como la insolación y el drenaje. Hay una estrecha relación entre el suelo y la geomorfología del paisaje ya que esto ayuda a establecer modelos cartográficos y orden de territorio.

### **I.1.5.1. Leptosoles**

Su nombre deriva del vocablo griego "leptos" que significa delgado, haciendo referencia a su carácter somero.

Son suelos minerales de zonas con clima suficientemente templado para que la temperatura media anual supere los 0°C. Están limitados por una roca continua y dura en los primeros 25 cm, o por un material con más del 40 % de equivalente en carbonato cálcico, o contienen menos del 10 % de tierra fina hasta una profundidad mínima de 75 cm. **(ver Fig. 1)** (FAO, 1999)



**Fig. 1 fuente** (FAO, 1999)

### **I.1.6. Edad**

Entre más antiguo sea el suelo se muestra un mayor desarrollo de profundidad y una mayor diversidad de horizontes por eso constituye una parte muy importante. La velocidad de formación del suelo va desde 1 mm/año hasta 0,001 mm/año. Las propiedades del suelo varían en función del momento del día o el año, además de la existencia de cambios muy lentos que necesitan decenas o cientos de años para producirse. (López, 2005-2006)

## **I.2. Designación de horizontes en un suelo**

La designación de los horizontes del suelo, contiene observaciones sobre la descripción del suelo y da una impresión acerca de los procesos genéticos que han formado el suelo bajo observación. Los símbolos de los horizontes consisten de una o dos letras mayúsculas para el horizonte mayor y letras minúsculas para las distinciones subordinadas, con o sin figura de sufijo. Para la presentación y comprensión de la descripción del perfil del suelo, es esencial dar el símbolo correcto a cada horizonte. (alimentacion, 2009)

El corte vertical del suelo se llama como perfil de suelo, el cual se marca por cortes de capas horizontales llamados horizontes, existen muchos horizontes para algunos suelos, en este caso los horizontes básicos son: **(ver Fig. 2)**

### **I.2.1 Horizonte A:**

Contiene una cantidad muy alta de materia orgánica con alto contenido en humus y presenta un color oscuro por la abundancia de esta, aunque carece de minerales solubles ya que al recibir directamente las lluvias los disuelven hacia los horizontes inferiores. Es el principal proveedor de elementos nutritivos hacia los seres vegetales. A este horizonte en algunos casos se le adhieren 3 subhorizontes. La primera capa se le conoce como horizonte A0, donde al estar en la superficie la materia orgánica esta poco descompuesta. En el siguiente llamado A1 se acumula el humus y el A2 compuesto por una mayor cantidad de minerales que humus. También se le conoce como horizonte de lixiviación o lavado.

### **I.2.2. Horizonte B:**

Se caracteriza por la acumulación de las sales minerales provenientes del horizonte A. Contiene una gran cantidad de arcilla ya que al ser pequeña pasa por el horizonte A y se acumula en el horizonte B, en algunos casos este ya contiene arcilla. Al tener una mayor cantidad de sales minerales en vez de materia orgánica presenta un color claro, en estaciones secas puede formar una costra por la

precipitación de minerales. Se le conoce como horizonte de precipitación o acumulación.

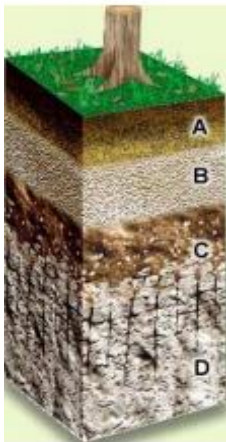
### I.2.3 Horizonte C:

Este horizonte se constituye por la roca madre en un proceso de meteorización por lo tanto la roca madre se rodea por una matriz arcillo-arenosa. Al alterarse la roca madre el nivel del suelo crece hacia abajo, ampliando el horizonte C. También llamado horizonte de transición.

### I.2.4 Horizonte D:

Se compone por la roca madre sin alterar.

Tabla 1. Horizonte del suelo Fuente (Tema 6: La edafosfera)



A	A00 Hojas y residuos orgánicos sin descomponer. A0 Residuos parcialmente descompuestos. A1 Color oscuro por presencia de materia orgánica. A2 Color claro por efecto de lavado.
A3 - B1 Transición de A - B	
B	B2 Precipitación de sustancias lavadas de A. B3 Transición B - C.
C	C Fragmentos y restos de meteorización de la roca madre.
D	D Roca madre sin alterar.

Fig. 2 fuentes (Tema 6: La edafosfera)

### **I.3 Nutrientes en suelos necesarios para el crecimiento de las plantas**

Los nutrientes son pequeñas moléculas que se encuentran en los suelos ya sea por la erosión, seres vivos o alguna otra fuente natural y ayudan al crecimiento y desarrollo de los seres vivos en este caso vida vegetal.

Para un adecuado crecimiento de la mayoría de plantas se toman en cuenta dieciséis elementos esenciales. Por medio del transporte:

Por aire se encuentran carbono (C) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Por medio del agua hidrógeno (H) y oxígeno (O<sub>2</sub>).

Por medio del suelo se encuentra fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl).

Por medio del fertilizante animal y las plantas leguminosas se encuentra el nitrógeno (N<sub>2</sub>).

Existen más elementos químicos que pueden ser tomados en cuenta, pueden ser nutrientes beneficiosos para algunas plantas, pero no esenciales para el crecimiento de todas. Los fertilizantes, abonos o residuos de cultivos aplicados al suelo aumentan la oferta de nutrientes de las plantas.

#### **I.3.1 Función de los nutrientes**

Cuando se habla de nutrientes siempre se dividen dos categorías:

- a. Macronutrientes, mejor conocidos como nutrientes primarios.

Son los nutrimentos principales ya que se necesitan en grandes cantidades, y tienen que ser aplicados si el suelo es deficiente de uno o más de ellos. Los suelos pueden ser naturalmente pobres nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de estos por los cultivos a lo largo de los años, o

cuando se utilizan variedades de rendimientos altos, los cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. Los macronutrientes se componen por nitrógeno (N<sub>2</sub>), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Dentro del grupo, son necesarios para el crecimiento de las plantas en grandes cantidades, el nitrógeno (N<sub>2</sub>), fósforo (P) y potasio (K).

b. Micronutrientes o nutrientes secundarios.

Por el contrario los micronutrientes se requieren en pequeñas cantidades para un buen desarrollo de la planta, en caso de un suelo pobre, suelen ser agregados en mínimas cantidades. Se componen de hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), molibdeno (Mo), cloro (Cl), boro (B), manganeso (Mn) En el caso de plantas específicas silicio (Si), cobalto (Co), sodio (Na) y vanadio (V).

De acuerdo a la FAO (2002). El nitrógeno (N - 1%-4%) es el motor del crecimiento de la planta, se absorbe y encuentra en el suelo como nitrato (NO<sup>-</sup>) o como nitrato de amonio (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Formando aminoácidos y proteínas por medio de la combinación de la planta con los componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos. El nitrógeno (N<sub>2</sub>) está dentro de todos los procesos principales del desarrollo de las plantas y su rendimiento, de modo que es el constituyente esencial de las proteínas. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El fósforo (P - 0,1% - 0,4%), es el macronutriente que se encarga principalmente de la transferencia de energía. De tal manera que juega un papel importante, así como esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad.

El potasio (K - 1%-4%), su papel principal es la síntesis de carbohidratos y proteínas ya que activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). El potasio (K) también mejora el régimen hídrico de la planta, lo que

aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Cuando se tiene potasio (K) en ideales cantidades las plantas son menos propensas a sufrir enfermedades.

Los macronutrientes secundarios son magnesio (Mg), azufre (S) y calcio (Ca). Las plantas también los absorben en cantidades considerables pero no al nivel de los macronutrientes principales.

El magnesio (Mg) es el principal constituyente de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un captador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20 por ciento del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía dentro de la planta.

El Azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. Esto lo hace tan importante como el fósforo (P) y magnesio (Mg) para el crecimiento de la planta, llegando a ser su función subestimada.

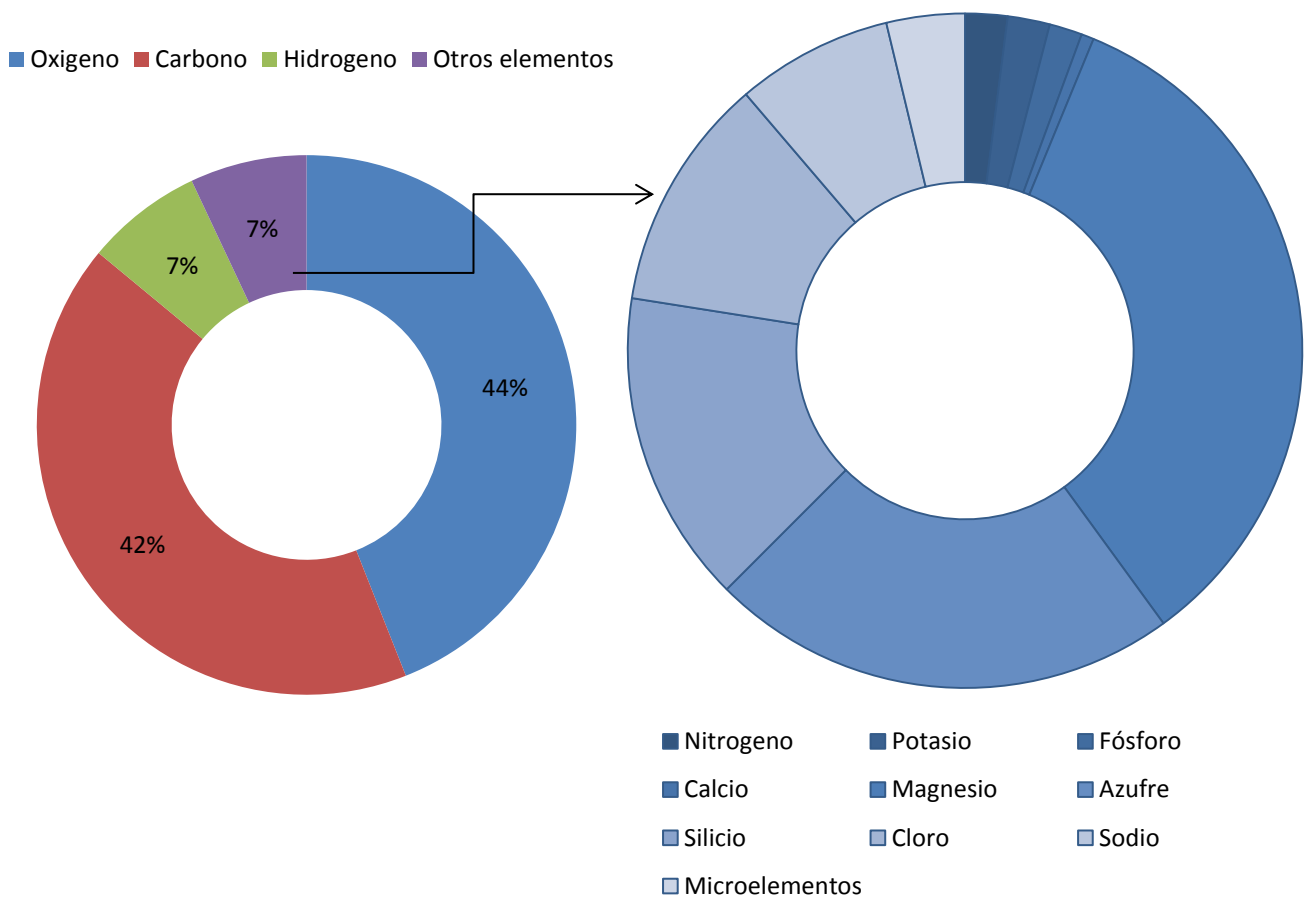
El calcio (Ca) su función principal es ser un constituyente del tejido de las paredes celulares y es esencial para el crecimiento de las raíces. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca. Sin embargo, el principal objetivo de su aplicación es reducir la acidez del suelo.

Los micronutrientes son parte de sustancias claves en el crecimiento de la planta, se podrían comparar a las vitaminas dentro de la dieta humana. Se absorben en cantidades muy pequeñas y la cantidad necesaria de estos nutrientes depende de la reacción del suelo. Por ejemplo una cantidad en exceso de boro puede tener un efecto adverso en la cosecha subsiguiente.

Algunos nutrientes benéficos importantes para algunas plantas por lo tanto no se toman en cuenta como micronutrientes principales para la mayoría de las plantas, en este caso, el sodio (Na), por ejemplo para la remolacha azucarera, el silicio (Si) para las cereales, fortaleciendo su tallo para resistir el vuelco. El cobalto (Co) es

importante en el proceso de fijación de  $N_2$  de las leguminosas. Algunos microelementos pueden ser tóxicos para las plantas a niveles sólo algo más elevados que lo normal. Cuando tiene un efecto toxico es cuando el pH es muy bajo. La toxicidad del aluminio y del manganeso es la más frecuente, en relación directa con suelos ácidos.

Es importante notar que todos los nutrientes cumplen una función específica y esencial para el crecimiento adecuado de la planta, así como la producción de alimentos, por eso es de vital importancia cada nutriente, de modo que ninguno puede sustituir a otro. (FAO a. i., 2002)



**Fig. 3 Composición promedio de las plantas. Fuente FAO (Pilar Roman, 2013)**

## **CAPITULO II**

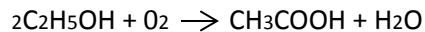
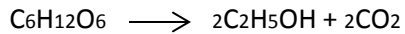
### **II.1.Composta**

El compostaje es un proceso biológico, se desarrolla en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno) para prevenir la proliferación de bacterias anaerobias, ya que estas producen mal olor y la proliferación de fauna nociva. Con la cantidad adecuada de humedad y temperatura, se forma una transformación higiénica, donde los restos orgánicos se transforman en un material homogéneo y asimilable por las plantas. El compostaje se interpreta como el conjunto de los procesos metabólicos complejos, quienes son realizados por diferentes microorganismos, por lo tanto al estar en presencia de oxígeno, producen una biomasa propia la cual se forma por el nitrógeno ( $N_2$ ) y el carbono (C) presentes. En dicho proceso, los microorganismos generan menores cantidades de C y  $N_2$ , dando como resultado el aumento de la temperatura y un sustrato sólido, pero más estable, que es llamado compost. Se forman variaciones de temperatura dentro del compost, ya que al descomponerse el C, el  $N_2$  y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible. Dentro de la temperatura generada durante este proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

#### **II.1.1. Fase Mesófila**

Donde el material inicia el proceso a una temperatura ambiente, de manera que puede darse en pocos días o algunas horas dependiendo de la humedad y la temperatura, por lo general las bacterias mesófilas comienzan su actividad desde los  $25^{\circ}C$ , alcanzando los  $45^{\circ}C$  dentro de esta fase. Como se mencionó anteriormente este aumento de temperatura es debido a la actividad microbiana, ya que al utilizar el C Y  $N_2$  los microorganismos generan calor. En esta fase el pH puede acidificarse alcanzando 4.0 o 4.5 ya que puede presentar compuestos solubles, como azúcares lo cual da lugar a la formación de ácidos orgánicos. Al

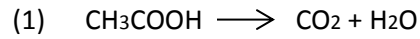
ser la fase de inicio, donde las bacterias comienzan a asimilar los compuestos y adaptarse a las condiciones, dura pocos tiempo entre los dos y ocho días.



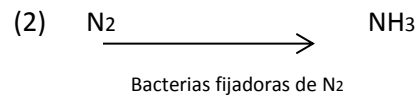
### II.1.2. Fase Termófila o de Higienización

En esta fase el material alcanza temperaturas mayores a los 45°C, por lo tanto los microorganismos mesófilos, los cuales se desarrollan a temperaturas medias, mueren y son reemplazados por aquellas bacterias que crecen a mayores temperaturas, llamadas bacterias termófilas, este tipo de microorganismos facilitan la degradación de fuentes más complejas como el C, tal es el caso de la celulosa y la lignina. Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En estos casos a partir de los 60°C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, las cuales descomponen compuestos como las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. El factor ambiental es muy importante ya que esto determina la duración de esta fase, la cual puede durar desde unos días hasta meses. Se le conoce como fase de higienización ya que el calor que se ha generado destruye las bacterias mesófilas de origen fecal, tales como la *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. En el caso de los quistes, huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, son eliminados por arriba de los 55°C, dando lugar a un producto higienizado.

(1) Consumo de ácidos orgánicos por parte de los microorganismos.

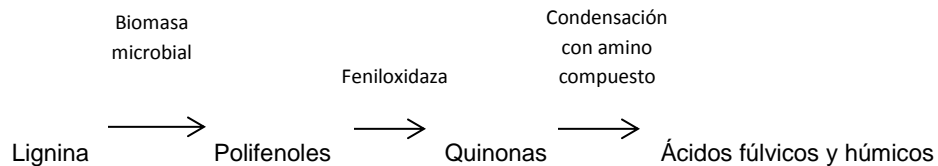


(2) Transformación de nitrógeno en amoníaco.



### II.1.3. Fase de Enfriamiento o Mesófila II

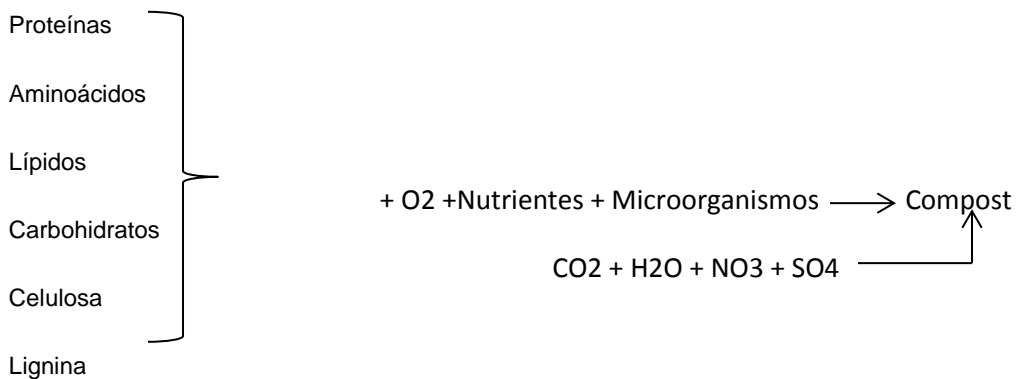
Las bacterias termófilas al consumir y agotar las fuentes de carbono, en especial el nitrógeno en el material de compostaje, estas mueren dando como resultado un descenso en la temperatura hasta los 40-45°C. Durante esta fase se continúa con la degradación de polímeros como la celulosa, en consecuencia pueden aparecer algunos hongos visibles a simple vista. Por debajo de los 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Al ser una fase de enfriamiento y de caída para las bacterias requiere varias semanas, algunos la confunden con la última fase.



### II.1.4. Fase de Maduración

Es el periodo donde se producen reacciones de condensación y polimerización de compuestos carbonados y como tal fomenta la producción de ácidos húmicos y fúlvicos. (Pilar Roman, 2013)

En la siguiente ecuación se representa el proceso aeróbico más utilizado para convertir residuos orgánicos a un material húmico estable, conocido como compost. Las nuevas células que se producen en el proceso de compostaje, se convierten en parte de la biomasa activa implicada en la conversión de materia orgánica, y cuando éstas se mueren se convierten en parte del compost.



**Fuente** (Samuel. 1994)

**Tabla.2.** Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos

**Fuente** (Jones and Martin, 2003)

Microorganismo	Temperatura	Tiempo de exposición
Salmonela spp	55 °C	1 hora
	65 °C	15 – 20 min
Escherichia coli	55°C	1 hora
	65 °C	15 – 20 min

Brucella abortus	55 °C	1 hora
	62 °C	3 minutos
Parvovirus bovino	55 °C	1 hora
Huevos de áscaris lumbricoides	55 °C	3 días

Cabe destacar que los ácidos húmicos y fúlvicos están definidos como macromoléculas orgánicas, las cuales se componen por una estructura química compleja, siendo distinta y estable ya que provienen de la degradación de seres vivos en su mayoría de plantas y animales, así como por la acción de microorganismos quienes generan una actividad enzimática y metamorfismo orgánico. (Escobar, 16 de Mayo - 29 de Junio 2014)

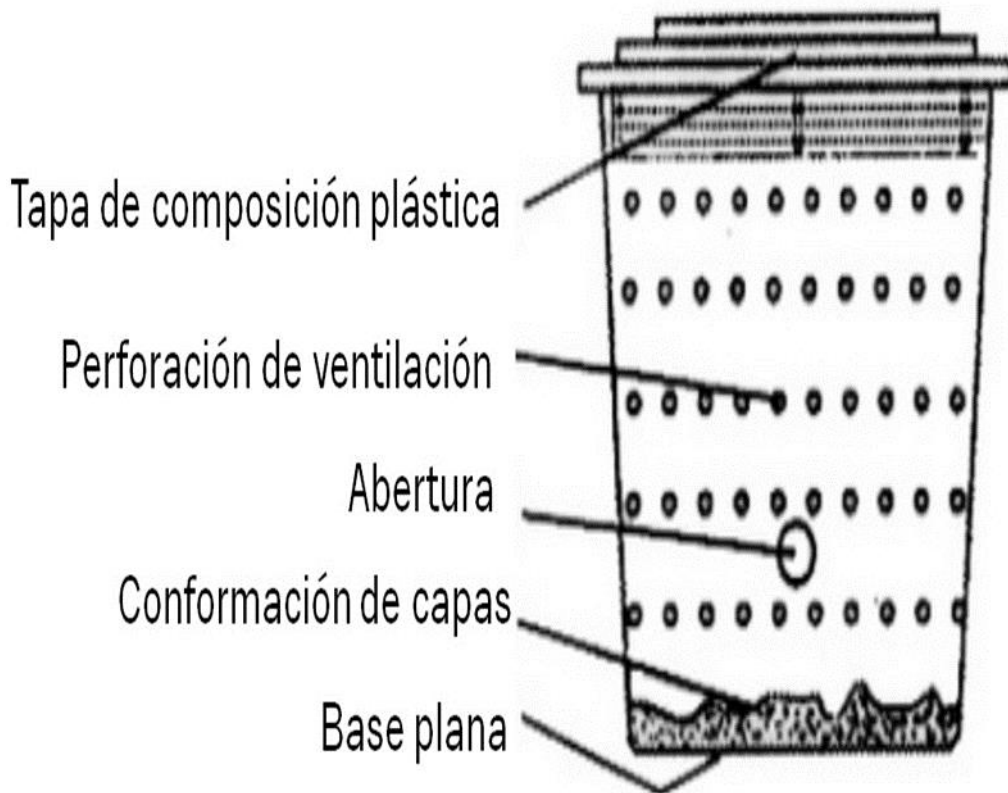
## II.2 Otros métodos de compostaje

### II.2.1 Proceso de obtención de humus, metodología AI-Rafidain Engineering

Es un proceso de generación de fertilizante orgánico utilizando residuos sólidos fecales, aprovechando la biota digestora afines al sistema termofílico siendo así una versión económica de un A.T.A.D. (*Digestor Aeróbico Auto Térmico Termofílico*).

Su funcionamiento se basa en la ingesta de residuos, agua y elementos complementarios y de control tales como hojarasca y cal, para un funcionamiento mínimo óptimo a bajo costo de mantenimiento y monitoreo de parámetros, mientras se esté en contacto con el sol y exista una remoción continua para formación de estratos cuyo peso irán compactando la base para la extracción de un producto fino, homogéneo y muy versátil en aplicación por su alto contenido nutrimental edafológico (Sood A., 2011).

Esta metodología se acompaña de un digestor de aproximadamente de un metro cubico de capacidad con orificios que permitan respirar, composta que se obtiene usando la metodología Al-Rafidain Engineering para digestión aerobia. La selección de materiales adecuados para la ingesta del sistema biodigestor se realiza experimentalmente, buscando el funcionamiento óptimo para generar un sustrato base digestor de materia orgánica. Hojarasca, Aserrín, Arena y gravilla, Materia orgánica vegetal, Cal. papel, Agua, Heces caninas.



**Fig. 4. Fuente** (Tesis Xavier Labastida Balderas, 2014)

### **II.2.2. Conformación de estratos**

Los materiales se colocan dentro del digestor para formar los estratos resalta la eficacia del uso de los residuos sólidos fecales caninos como núcleo promotor de la descomposición aeróbica, siendo enriquecida por las condiciones de aireación, insolación y una minoritaria aportación de humedad dentro del digestor para que ayude en la descomposición del estrato, y se disminuya el volumen de la materia ingresada. Las proporciones del material usado es similar y consecutivo.

Colocando Una capa de hojarasca, seguida de un primer lote de residuos sólidos fecales junto con un recubrimiento de cal en forma de película. Posteriormente se colocó una capa de gravilla para favorecer el espacio intersticial que ayudó a la ventilación del estrato.

El sistema se mantuvo tapado adicionando diariamente agua en cada uno de los estratos y asoleado para contemplar una temperatura en rango efectivo promedio entre (45°C - 65°C) e impedir la supervivencia de microorganismos patógenos, que en competencia son desplazados por las bacterias termofílicas.

El humus primario se extrajo a los 30 días del inicio de introducir los materiales. retirando la tapa inferior del biodigestor. **Fuente** (Tesis Xavier Labastida Balderas,2014)

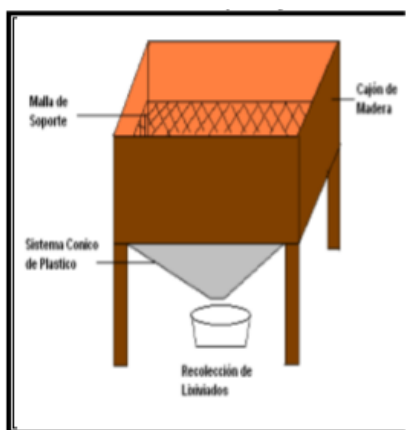
### **II.2.3. Caracterización de los lixiviados generados en el proceso de compostaje provenientes de residuos orgánicos de plaza de mercado y su uso como complemento nutricional para cultivos hidropónicos**

Los lixiviados son generados de un proceso de compostaje, de esta manera, se instalaron cuatro pilas de compostaje que contenían distinto tipo de residuo orgánico, para cada pila de compostaje los residuos utilizados fueron los siguientes: en la primera se manejaron residuos de frutas, en la segunda pila de compostaje residuos de verduras, la tercera pila de compostaje residuos de

almidones, y la cuarta pila de compostaje la mezcla de los tres anteriores. Los controles que se llevaron a cabo en el proceso de compostaje fueron: medida de la temperatura, medida del volumen de residuos, humedad, masa, pH. Para los lixiviados se realizaron dos pruebas de laboratorio para conocer el contenido de nutrientes en los lixiviados. Para la toma de muestra se llevó a cabo un muestreo puntual, se analizaron los lixiviados de la segunda y cuarta semana del proceso de compostaje, determinando las concentraciones de Nitrógeno, Fosforo, Potasio y se tomó la medida del pH.

Las Pilas de Compostaje fueron ubicadas en el antejardín del laboratorio de Suelos de la empresa Técnicos Ltda., se adecuaron cuatro gavetas cuyo material empleado fue madera de lámina reforzada de 5 mm para poder insertar los residuos a compostar. Cada pila de compostaje contenía diferente tipo de residuo orgánico, los residuos orgánicos que se utilizaron fueron de frutas, verduras, almidones, y la cuarta pila de compostaje contenía residuos de la mezcla de las tres anteriores. Las dimensiones de las pilas de compostaje fueron 60cm, 70cm, 60 cm, de ancho largo y altura respectivamente. El volumen aproximado es de 252000 cm<sup>3</sup> por pila de compostaje. Ver (fig. 5)

Las dimensiones de la pila fueron determinadas por tres factores principales, el espacio con el que se cuenta, el tipo de materiales con el que se va a realizar el volteo y la cantidad de residuos a compostar. **Fuente** Tesis (BERMEO, 2009)



**Fig. 5** (Tesis Jesús David Losada Bermeo, 2009)

#### **II.2.4. Caracterización del lixiviado agroecológico a partir del proceso de compostaje de residuos orgánicos de cultivos agroecológicos**

Se realizó el montaje de la estructura de la compostera para determinar el manejo adecuado de los residuos orgánicos, utilizando los siguiente materiales: 8 estibas de madera de 1m por 1,10 m, madera semicepillada, plástico negro y amarillo de 1,20 m de largo por 1,10 m de ancho, alambre número 10, 3 m; recipiente plástico capacidad 4 l, guadua de 1,20 m de largo y diámetro de 18cm, 6 estacas de madera de 0,70 m de largo. Se realiza la infraestructura tanto del techo como de la compostera y se depositan los diferentes materiales a compostar.

Se disponen capas entre 15 y 20 cm de cada material, previamente fraccionado, para acelerar el proceso de transformación. Se trabaja con un volumen de 1m<sup>3</sup>.



**Fig. 6** (Tesis Yolvi Prada Millán, 2016)

Inicialmente se utilizaron 2 l de E.M y 1 kg de melaza en 20 l de agua y 200 g de roca fosfórica dispuestas en las capas correspondientes, los volteos se realizaron cada 15 días incorporando los lixiviados que se obtenían semanalmente por 25 días y con adiciones de agua y E.M. según requerimiento de humedad, registro tomado en campo semanalmente, así mismo la temperatura se midió observándose el valor más alto de 70°C y mínimo de 15°C.

Se tomó la muestra del lixiviado agroecológico hacia los 32 días de iniciado el proceso de compostaje, observando las características organolépticas del residuo líquido de color oscuro (café) e inodoro. Estas muestras fueron enviadas a 4 laboratorios para el respectivo análisis específico. Tesis (Millán, 2016)

# Capítulo III

## 3.1 METODOLOGIA

### 3.1.1. Materiales

La composta en su mayoría se compone de material orgánico biodegradable y reciclable (Fig. 5, 6) por lo que se aprovechara la sustentabilidad del producto, así como los materiales que se utilizan para su producción, dando un resultado satisfactorio en el aspecto ambiental y económico.

La composta que se hará consta de:

- 1) Aserrín.
- 2) Hojarasca de encino.
- 3) Desechos orgánicos.
- 4) Suelo de horizonte A.



**Fig. (7, 8) Fuente (Propio del autor)**

### 3.2. Procedimiento

- 1) Adquirir la materia orgánica que se utilizara para la composta, se utilizaran desechos caseros finamente picados para favorecer una rápida descomposición.

Para la elaboración de la composta se utilizaron los residuos orgánicos caseros como son: Chile jalapeño, chiles serrano, lechuga, jitomate, cebolla, nopal, calabaza, zanahoria, pepino, chayote y apio. En total el peso sumado de toda la verdura utilizada fue de 2kg. Fig. (9, 10, 11, 12, 13)

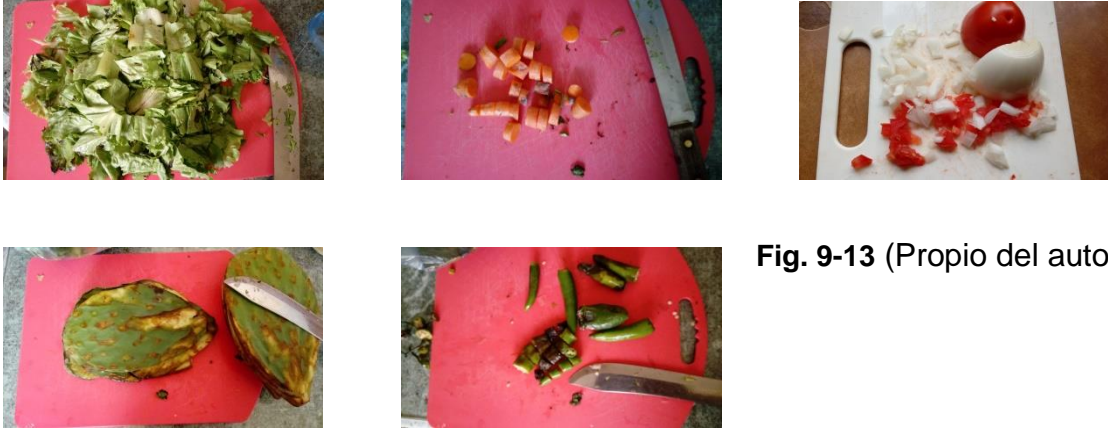


Fig. 9-13 (Propio del autor)

- 2) En un guacal 1 de fruta de aproximadamente 60cm de largo por 40cm de ancho, se cubrió cada ranura y toda la base con tela de mosquitero para evitar las fugas, de manera que se recolecte el lixiviado sin pérdida de sólido. Fig. (14-17)

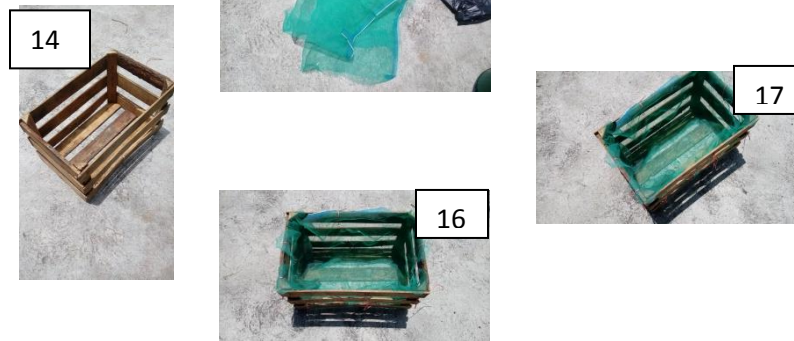


Fig. (14, 15, 16, 17) Fuente (Propio del autor)

- 3) Se llena el fondo del guacal ya cubierto con aserrín, aproximadamente 500g. El aserrín evita que los sólidos toquen directamente la malla, evitando fugas innecesarias y una buena filtración para los lixiviados. (Fig. 18)



Fig. 18 Fuente (Propio del autor)

- 4) Seguido de una capa de hojarasca de 1.5kg, la hojarasca hace de base para el desecho orgánico, aportando materia orgánica, nutrientes y microorganismos. (Fig. 19)
- 5) Colocar encima de la hojarasca el desecho orgánico. (Fig. 20)



**Fig. 19,20 Fuente** (Propio del autor)

- 6) En la última capa se coloca la tierra de horizonte A, aproximadamente 2.8kg. La función de esta capa es cubrir por completo la materia orgánica, adicionando microorganismos y nutrientes, en los primeros días cubre la composta llevándola a la primera fase de la composta, donde después se moverá para proveer aireación. Al final se cubre con una bolsa negra para desechos y se deja bajo techo. (Fig. 21, 22)



**Fig. 21,22 Fuente** (Propio del autor)

- 7) Para la recolección de lixiviados se colocó una maceta en la base del guacal. (Fig. 23)



**Fig. 23 Fuente** (Propio del autor)

### 3.3. Obtención de la composta

#### a) Semana 1

Se voltea periódicamente cada 3 días y humedeciendo 2 veces por semana.

Se registró una temperatura ambiente de 25°C a 40°C con humedad aproximada de 80%, donde en el 6<sup>to</sup> día de la semana, el desecho orgánico comienza a fermentar presentando lixiviados en muy pequeñas cantidades junto con la descomposición de la materia orgánica. (Fig. 24, 25)



**Fig. 24, 25 Fuente (Propio del autor)**

#### b) Semana 2

Aumenta la temperatura de 40°C a 70°C y se mantiene toda la semana presentando un menor tamaño del desecho orgánico, con una mayor cantidad de lixiviados, acumulándose en el fondo del recipiente. La composta se humedece 1 vez durante la semana y se sigue removiendo la materia cada 3 días. (Fig. 26, 27)



**Fig. 26,27 Fuente (Propio del autor)**

c) Semana 3

Las condiciones se mantienen iguales a la semana anterior, hasta el 6to día donde la temperatura comienza a reducirse hasta la temperatura ambiente, la materia orgánica pierde color y líquidos presentando pequeños trozos de desecho. Durante esta semana se evitó el riego ya que gracias a las propiedades del suelo de horizonte A, la humedad se mantuvo. (Fig. 28)



**Fig. 28 Fuente** (Propio del autor)

d) Semana 4

Para el 4to día se forma la composta, eliminando completamente los pequeños pedazos del desecho orgánico, presentando un olor fresco y una textura limpia. (Fig. 29, 30)



**Fig. 29,30 Fuente**

(Propio del autor)

Posteriormente se hicieron análisis en el lixiviado de la composta que fue obtenida. Estos análisis ayudaran a interpretar la cantidad de  $N_2$  Y P presente en la muestra y clasificarlos de acuerdo a la cantidad que se obtenga de estos.

## Determinación de Nitrógeno total

Se realizó un análisis de NT en lixiviados por el método de digestión de persulfato con ácido cromotrópico (4026-01), en donde se utiliza el espectrofotómetro para medir los resultados.

### Procedimiento

- 1) Precalear el reactor COD a una temperatura de 100°C.
- 2) Remover las tapas de 4 tubos con reactivo de hidróxido de nitrógeno total. (Fig. 31, 32)



**Fig. 31,32 Fuente (Propio del autor)**

- 3) Usar una cuchara de 0.15g (0727) y un embudo (0459) para adherir un poco de polvo de digestión de reactivo (4036) en cada tubo. (Fig. 33) Golpear el embudo para que se añada todo el polvo. (Fig. 34)



**Fig. 33, 34 Fuente (Propio del autor)**

- 4) Usar una pipeta de 1ml (0354) para adherir 2ml de agua desionizada, o agua tratada. Este será el blanco.
- 5) Usar otra pipeta de 1ml (0353) para adherir 2ml de la muestra a los otros tubos. Esta es la muestra. (Fig. 35)



**Fig. 35 Fuente** (Propio del autor)

- 6) Tapar cada tubo y agitar vigorosamente por 30seg.
- 7) Colocar los tubos en el reactor COD por 30min. (Fig. 36, 37)



**Fig. 36, 37 Fuente** (Propio del autor)

- 8) Después de 30 min y una temperatura de 100°C, apagar el reactor. Cuidadosamente remover los tubos del reactor, dejarlos enfriar y reposar a temperatura ambiente. (Fig. 38)



**Fig. 38 Fuente** (Propio del autor)

- 9) Al enfriarse los tubos, encender el espectrofotómetro. (Fig. 39)



**Fig. 39 Fuente** (Propio del autor)

- 10) Deslizar y seleccionar PRUEBAS PROGRAMADAS del menú.
- 11) Deslizar y seleccionar TODASLAS PRUEBAS.
- 12) Deslizar y seleccionar 62 Nitrógeno T del menú.
- 13) Cuidadosamente remover las tapas de los tubos digeridos.
- 14) Usar una cuchara de 0.15g (0727) y un embudo (0459) para adherir polvo de reactivo A de Nitrógeno T (4041). Golpear el embudo para que se añada todo el polvo. Tapar los tubos y agitarlos por 15seg.
- 15) Esperar 3min.
- 16) Remover las tapas de los tubos. Adherir una tableta de reactivo B de Nitrógeno T (4042A) en cada tubo. Tapar los tubos y agitarlos por 45seg hasta que la tableta se desintegre. (Fig. 40)



**Fig. 40 Fuente** (Propio del autor)

- 17) Esperar 2min.
- 18) Remover las tapas de los tubos. Cuidadosamente remueva las tapas de 4 tubos de reactivo de ácido de Nitrógeno T (4043). PRECAUCION los tubos contienen acido fuerte.
- 19) Usar otra pipeta de 1ml (0354) para agregar 2ml del blanco digerido y tratado, a un tubo de reactivo de ácido de Nitrógeno T. Este será el blanco.

20) Usar otra pipeta de 1ml (0354) para agregar 2ml de muestra digerida y tratada, a un tubo de reactivo de ácido de Nitrógeno T. Esta será la muestra. (Fig. 41)



**Fig. 41 Fuente** (Propio del autor)

21) Tapar los tubos e invertir para mezclar 10 veces. PRECAUCION los tubos se calentaran.

22) Espere 5min. (Fig. 42)



**Fig. 42 Fuente** (Propio del autor)

23) Frotar los tubos con un paño húmedo para remover huellas digitales y manchas de suciedad. Frotar los tubos con un paño seco.

24) Insertar el tubo del blanco en la cámara. Seleccionar ESCANEAR BLANCO. Remover el tubo de la cámara del espectrofotómetro.

25) Insertar el tubo de muestra en la cámara. Seleccionar ESCANEAR MUESTRA. Anotar los resultados de Nitrógeno T en mg/L de N.

Presionar y mantenga el botón OFF para apagar el espectrofotómetro.

## Determinación de Fósforo total

En el caso de fósforo en lixiviados se llevó a cabo por el método de ácido vanadomolibdofosfórico de fosfato de alto rango (3655-SC), de igual manera que en el análisis de NT se recurre al espectrofotómetro.

### Procedimiento

- 1) Presione el botón ON para encender el espectrofotómetro. (Fig. 43)



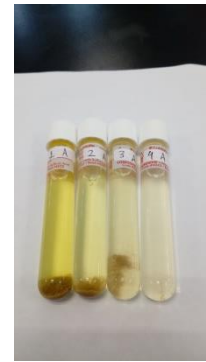
**Fig. 43 Fuente** (Propio del autor)

- 2) Desplazar y seleccione PRUEBAS PROGRAMADAS.
- 3) Desplazar y seleccione TODAS LAS PRUEBAS.
- 4) Deslizar y seleccionar 79 Fosfato H.
- 5) Llenar 4 tubos limpios con agua de muestra, llenando hasta la línea de 10ml. Este será el BLANCO. (Fig. 44, 45)



**Fig. 44, 45 Fuente** (Propio del autor)

- 6) Insertar el tubo en la cámara, cerrar la tapa y seleccionar ESCANEAR BLANCO.
- 7) Retirar el tubo del espectro. Usando una pipeta de 1ml para agregar 2ml de reactivo VM (4410). Tapar y mezclar. Espere 5 minutos para cambio de color. (Fig. 46, 47)



**Fig. 46, 47 Fuente** (Propio del autor)

- 8) Después del periodo de espera de 5min, mezclar e insertar el tubo en la cámara, cerrar la tapa y seleccionar ESCANEAR MUESTRA.
- 9) Al finalizar la lectura para cada tubo mantenga presionado el botón OFF para apagar el espectrofotómetro o presione el botón EXIT para salir al menú anterior.

## **Discusión y análisis de resultados**

Esta investigación se desarrolló de manera satisfactoria tomando un costo de alrededor de 50 pesos, tomando en cuenta que materiales tales como el guacal, la tela de mosquitero, el plástico negro para basura y el aserrín son reutilizables dando un resultado de 20 pesos como inversión a futuro, esto se puede aplicar en cada hogar evitando el desperdicio.

Se tuvo la oportunidad de utilizar el método espectrofotométrico UV-Vis es una manera muy precisa de medir la concentración de nutrientes en el lixiviado ya que se registró un rango estable de concentración, como se vio en las tablas el contenido de nitrógeno (N<sub>2</sub>) y fósforo (P), donde ambas cantidades entran en un rango medio de cantidad de estos dos nutrientes.

Se conocen 3 nutrientes esenciales en el suelo que son indispensables para las plantas, los cuales son N<sub>2</sub>, P y K, en el proceso se hicieron análisis de N<sub>2</sub> y P en el lixiviado resultante del proceso de compostaje. De los cuales no se tomó en

cuenta el potasio (K) ya que no se cuenta con el material y los reactivos necesarios para dicho análisis.

Para el nitrógeno (N<sub>2</sub>) y fósforo (P) se llevó a cabo una lectura para determinar la concentración de estos en la muestra, dando como resultado las siguientes tablas de datos.

**Tabla 3. Resultados de Nitrógeno Total** Los resultados para nitrógeno se representan en la siguiente tabla:

Muestra %	Absorbancia	Transmitancia %	Concentración mg/L
Blanco	NA	NA	NA
Tubo1 (100%)	0.9948	10.2	FR
Tubo2 (50%)	0.6781	21.1	FR
Tubo3 (25%)	0.2852	52	14

**Fuente** (Propio del autor)

**Tabla 4. Resultados de Fósforo Total** Los resultados para fosforo se muestran en la siguiente tabla:

Muestra %	Absorbancia	Transmitancia %	Concentración mg/L
Blanco	NA	NA	NA
Tubo1 (100%)	0.0907	81.3	4.8
Tubo2 (50%)	0.0464	90.1	1.9
Tubo3 (25%)	0.0193	95.9	0.2
Tubo4 (12.5)	0.0222	95.2	0.4

**Fuente** (Propio del autor)

**Tabla 5. Costos del material utilizado en la composta**

Se espera que los costos en esta investigación sean mínimos es decir aproximadamente \$50.00.

Material	Peso en Kg	Costo en \$	Longitud en m
Huacal	NA	15	
Suelo horizonte A	2.8	10	NA
Suelo de Hojarasca	1.5	10	NA
Desecho orgánico	2	NA	NA
Aserrín	0.5	10	NA
Malla tipo mosquitero	NA	NA	1
Plástico negro para desechos	NA	5	NA

Fuente (Propio del autor)

**Tabla 6. Pautas para interpretar los niveles de nitrato de nitrógeno (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en los resultados de las pruebas de suelo**

Nivel de fertilidad	Ppm
Bajo	>10
Medio	10-20
Alto	20-30
Excesivo	>30

Fuente (Allan Fulton, April 2010)

**Tabla 7. Pautas para interpretar los niveles de fósforo (PO<sub>4</sub>) en los resultados de las pruebas de suelo.**

Nivel de fertilidad	ppm
Bajo	<10
Medio	10-20
Alto	20-40
Excesivo	>40

**Fuente** (Allan Fulton, April 2010)

Los resultados presentados por las tablas 3 y 4 presentan los valores de concentración que se obtuvieron en las determinaciones espectrofotométricas UV VIS realizadas en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería Química BUAP. Comparando con las tablas 6 y 7 de (Allan Fulton, Abril 2010) se puede observar en la tabla 6 que los valores obtenidos en la investigación de lixiviados para nitrógeno (N<sub>2</sub>) en esta tabla, los valores se encuentran en un rango medio de nivel de fertilidad presentando 14ppm, considerándose un nivel aceptable. De acuerdo a la tabla 7 el nivel en esta fertilidad presentada en fósforo (P) se ubica en un nivel medianamente bajo al arrojar un rango de 0.2ppm a 4.8ppm en los lixiviados.

En comparación con otros métodos de composteo ya citados, el método realizado en esta investigación no presenta cantidades tan grandes de residuos orgánicos, y no se usan contenedores de gran tamaño en su obtención, por lo tanto se hace una menor inversión económica. Otra característica muy importante observada es el grado de dificultad de los demás métodos de compostaje, tal es el caso de la composta de excremento que necesita más tiempo y condiciones adecuadas para realizarla y obtener el resultado deseado en este caso una buena transformación de la materia orgánica, en el caso del trabajo realizado en esta investigación, el método de obtención es muy sencillo, son pocos pasos a seguir y la característica más importante es que cualquier persona lo puede hacer en: el hogar, en escuelas o lugares de trabajo entre otros, debido a que en cualquier lugar hay residuos orgánicos, y en las condiciones anteriores son fáciles de procesar.

## Conclusiones

De manera satisfactoria se creó una composta casera con desechos orgánicos, capaz de nutrir al cultivo urbano a un bajo costo, poco tiempo y de una manera sustentable, se sugiere usar el método para la determinación de N<sub>2</sub> y P por espectrofotometría UV-VIS ya que es fácil de usar y confiable por lo que se recomienda usarlo. La investigación queda abierta para que alguien más determine K que es otro elemento indispensable en suelos y además realice los estudios en materia sólida.

## BIBLIOGRAFIA

*Horticultor.es*. (21 de 10 de 2016). Obtenido de <https://www.horticultor.es/blog/diferentes-formas-compostaje/>

*gob.mx*. (22 de 03 de 2017). Obtenido de proyecto biosfera:  
[https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Relieve\\_terrestre/Introduccion-relieve-terrestre.html](https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Relieve_terrestre/Introduccion-relieve-terrestre.html)

alimentacion, O. d. (2009). *Guia para la descripción de suelos*. Roma.

Allan Fulton, F. A. (April 2010). *Primary Plant Nutrients: Nitrogen, Phosphorus, and Potassium*.

BERMEO, J. D. (18 de Enero de 2009). CARACTERIZACIÓN DE LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE PROVENIENTES DE RESIDUOS ORGANICOS DE PLAZA DE MERCADO Y SU USO COMO COMPLEMENTO NUTRICIONAL PARA CULTIVOS HIDROPONICOS. . Bogota, Colombia: Universidad de La Salle.

Escobar, R. L.-G.-R.-E.-J.-R.-M. (16 de Mayo - 29 de Junio 2014). Humic and fulvic acid extraction method and characterization by infrared spectrophotometry. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1397 - 1407.

FAO. (1999). *Leptosoles*. Obtenido de Soil Survey Staff. (SCS. USDA). "Keys to Soil Taxonomy" 8th Ed. Pocahontas Press, Inc. 603 pp. Blacksburg, Virginia (USA), 1999.:  
<https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/SEXP/SExL4Leptosoles.htm>

FAO, a. i. (2002). Los fertilizantes y su uso. (pág. 83). fiat panis.

- López, A. J. (2005-2006). *Manual de edafología*. Obtenido de <http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017-c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf>
- Millán, Y. P. (3 de Marzo de 2016). Caracterización del lixiviado agroecológico a partir del proceso de compostaje de residuos orgánicos de cultivos agroecológicos. Bogota: Universidad de Manizales.
- Pilar Roman, M. M. (2013). *Manual de Compostaje del Agricultor*. Santiago de Chile: FAO.
- Pilar Román, M. M. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile, Chile: FAO.
- Sood A., A. (2011). Mosul City.
- Tema 6: La edafosfera*. (s.f.). Obtenido de [https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema\\_6.pdf](https://www.um.es/sabio/docs-cmsweb/materias-may25-45/tema_6.pdf)
- Ortega, H., Benavides, A., Arteaga, R. & Zermeño, A. (2009). Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. (ed.). XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo (2007). *Temas Modernos de Nutrición Vegetal* (pp.124-148). Texcoco: Universidad Autónoma Agraria Antonio Navarro.
- TCHOBANOGLIOUS, George. *Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Edición No 2, Editorial Mc Graw Hill, España 1998.
- Jones P, Martin M. 2003. A review of the literature on the occurrence and survival of pathogens of animals and humans in green compost. In: Health IfA, editor. Oxon, UK2003. p. 33.
- Xavier Labastida Balderas, Dra. María Emelia Zamora López, noviembre 2014, Diseño de un digestor para generar humus fertilizante a partir de residuos sólidos fecales caninos, Facultad de Ingeniería Química

## **CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

Cronograma de actividades 2019
--------------------------------

