



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“Producción de humus de lombriz a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria, UMSNH”

TESIS

Que para obtener el grado de Ingeniero Civil presenta:

AUTOR:

P.I.C. RAUL IVAN ZAMORA ALANIS

ASESORA

ING. SONIA AGUILERA JUÁREZ

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Por todo el apoyo incondicional que siempre me han brindado, estando conmigo en los buenos y malos momentos. Ya que mis padres son los pilares de la persona que soy.

A mis familiares:

Que siempre me apoyaron e impulsaron para atreverme a realizar cosas que no sabía que podía lograr, siempre me apoyaron a mí y a mi familia durante los momentos más difíciles que pasamos. Gracias familia Zamora y familia Alanís.

A Dulce Gabriela Paz Silva

Porque fue mi colaboradora durante todo el procedimiento necesario para la realización de esta investigación y que gracias a esta ayuda fue posible la realización de toda la experimentación para la producción de esta investigación, y por su apoyo para ser una mejor persona.

A mis profesores:

Que siempre me tuvieron la paciencia para transmitirme sus conocimientos en las diferentes áreas que fueron necesarias para llegar a terminar la carrera de Ingeniería Civil.

Al laboratorio de plantas de tratamiento de aguas de la U.M.S.N.H.

Quienes me apoyaron y orientaron con todo lo necesario para la realización de este proyecto y de mi último año en la carrera de Ingeniería Civil.

Al laboratorio de materiales de la U.M.S.N.H.

Quienes me apoyaron con la realización de las pruebas de granulometría, así como su apoyo para realizarlas adecuadamente.

Al local de “Energéticos Aní”

Que me apoyaron con el suministro de los residuos sólidos orgánicos que se utilizaron como materia prima para la producción de la vermicomposta.

A la familia Rosiles Alanís:

Por su apoyo durante todo mi desarrollo como persona, como estudiante, como deportista, etc. Gracias por todas las veces que han estado conmigo ayudándome a mí y a mi familia.

A la familia Alanís Leal

Por su apoyo para que yo llegara a ser la persona que actualmente soy, por estar conmigo durante una de las etapas más bellas de mi vida, al igual que por su apoyo para la realización de los trámites necesarios para la titulación.

A la familia Zamora Negrete

Por su apoyo para que mi titulación fuera posible, por estar conmigo como familia y todo en lo que me han apoyado.

Al Ing. Jorge Castro Jaimes e Ibídem Construcciones:

Por su apoyo y comprensión durante el periodo en el cual realicé todos los trámites de titulación necesarios. También por la oportunidad para aplicar todos los conocimientos que he adquirido durante mi etapa escolar.

A mis amigos:

Que siempre tuvimos grandes momentos durante toda mi carrera estudiantil, desde la primaria hasta la terminación de mi carrera, gracias a los que me apoyaron y estuvieron ahí para ayudarme con dudas o trabajos, como también para tener tiempos muy agradables.

RESUMEN Y ABSTRACT

RESUMEN

En este trabajo de investigación se realizaron y analizaron los métodos de prueba y especificaciones de la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 para la producción de humus de lombriz de calidad extra, teniendo en cuenta las óptimas condiciones de vermicompostaje para que el proceso fuese lo más rápido y eficiente posible.

Al final se realizaron las diferentes pruebas y análisis que nos indica la NMX-FF-109-SCFI-2007 para la determinación de su calidad, así como los diferentes parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos que debe de presentar el humus de lombriz producido para satisfacer todas las especificaciones que nos designa dicha norma.

ABSTRACT

In this research work, the test methods and specifications of the NMX-FF-109-SCFI-2007 Mexican Standard for the production of extra quality worm humus were carried out and analyzed, taking into account the optimum conditions of vermicomposting for the Process as fast and efficient as possible.

At the end, the different tests and analyzes that the NMX-FF-109-SCFI-2007 indicate for the determination of their quality, as well as the different physicochemical, microbiological and organoleptic parameters that the humus of worm produced to satisfy All the specifications that designates that norm to us.

Palabras clave: Lombriz, organolépticos, microbiológicos, humus y vermicompostaje.

ÍNDICE

CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	3
1.2.2 OBJETIVOS PARTICULARES.....	3
1.3 HIPÒTESIS.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 GENERALIDADES.....	5
2.2 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).....	5
2.3 GENERACIÓN DE RSU.....	6
2.4 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).....	7
2.5 RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.....	7
2.6 TÉCNICAS DE COMPOSTAJE.....	8
2.7 AGENTES DE LA DESCOMPOSICIÓN	9
2.8 VERMICOMPOSTA.....	10
2.9 ANTECEDENTES DE LA LOMBRICULTURA.....	11
2.10 HUMUS DE LOMBRIZ.....	12
2.11 LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA)	13
2.12 CARACTERÍSTICAS DE LA LOMBRIZ EISENIA FOETIDA.....	14
2.13 CICLO DE VIDA DE LA EISENIA FOETIDA	15
CAPÍTULO III	16
METODOLOGÍA	16
3.1 UBICACIÓN GEOGRÀFICA	16
3.1.1 MACROLOCALIZACIÓN.....	16
3.1.2 MICROLOCALIZACIÓN	17
3.2 PROCESO	19
3.2.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÀFICA.....	20
3.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA PILA COMPOSTADORA	21

3.2.3 OBTENCIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO	25
3.2.4 PRUEBAS DE CONTROL	25
3.2.5 COSECHA	26
3.2.6 PRUEBAS DE CALIDAD Y ESPECIFICACIONES SEGÚN NMX-FF-109-SCFI-2007	27
3.2.7 EVALUACIÓN	27
CAPÍTULO IV	28
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	28
4.1 MATERIALES NECESARIOS PARA LA CORRECTA ELABORACIÓN DE LA VERMICOMPOSTA	28
4.2 PIE DE CRÍA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA).....	28
4.3 PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	30
4.4 AGREGADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A LA VERMICOMPOSTA	31
4.5 CANTIDAD Y PERIODO DE AGREGADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	31
4.6 PERIODO VACACIONAL DICIEMBRE-ENERO	35
4.7 PERIODO VACACIONAL DE SEMANASANTA (21 MARZO - 1 ABRIL)	36
4.8 TEMPORADA DE LLUVIAS Y FRÍO	37
CAPÍTULO V	38
PRUEBAS DE LABORATORIO	38
5.1 GENERALIDADES	38
5.2 MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA VERMICOMPOSTA	38
5.3 MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA VERMICOMPOSTA Y AGREGADO DE AGUA.....	43
5.4 MEDICIÓN DEL pH DE LA VERMICOMPOSTA.....	50
5.5 PREPARACIÓN DE LA DISOLUCIÓN PARA LAS PRUEBAS DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO), NITRÓGENO Y FÓSFORO.....	53
5.6 MEDICIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	53
5.7 MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE NITRÓGENO TOTAL DE LA VERMICOMPOSTA	56
5.8 PESO CONSTANTE	58

5.9 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARBONO ORGÁNICO	59
5.10 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE FÓSFORO DE LA COMPOSTA	62
5.11 RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N)	64
CAPÍTULO VI.....	67
PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA ZONA GASTRONÓMICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA	67
6.1 GENERALIDADES	67
6.2 ENCUESTA	67
6.3 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS	69
CAPÍTULO VII.....	73
RESULTADOS GENERALES	73
7.1 GENERALIDADES	73
7.2 GRANULOMETRÍA	73
7.3 OLOR.....	76
7.4 SECADO DEL HUMUS DE LOMBRIZ	76
7.5 CALIDAD.....	77
7.6 ESPECIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICAS.....	78
7.7 ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS	79
7.8 CANTIDAD DE HUMUS DE LOMBRIZ PRODUCIDO	80
CAPÍTULO VIII.....	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
8.1 CONCLUSIONES	81
8.2 RECOMENDACIONES	82
CAPÍTULO IX.....	84
ANEXOS	84
9.1 CÁLCULOS.....	84
9.2 TRÍPTICO “¿CÓMO ELABORAR COMPOSTA CASERA?”	85
CAPÍTULO X.....	88
FUENTES CONSULTADAS.....	88

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1, “Generación de RSU por entidad federativa, 2011”	6
Imagen 2 “Composición de los RSU en México, 2011”	7
Imagen 3, “Generación de RSU total y per cápita”	8
Imagen 4, “Macro localización de Ciudad Universitaria”	16
Imagen 5, “Plano de ciudad universitaria, UMSNH”	17
Imagen 6, “Zona Gastronómica de C.U.”	18
Imagen 7, “Proceso de Vermicompostaje”	19
Imagen 8, “Corte de las tablas para silo compostador”	21
Imagen 9, “Plano de armado de la pila compostadora”	22
Imagen 10, “Secado del esmalte”	22
Imagen 11, “Protección con esmalte en la madera”	22
Imagen 12, “Armado del silo compostador”	23
Imagen 13, “Malla mosquitera en el silo compostador”	23
Imagen 14, “Anclaje de la pila compostadora”	24
Imagen 15, “Pila compostadora terminada”	24
Imagen 16, “Local, Energéticos Aní”	25
Imagen 17, “Pie de cría, lombriz roja californiana”	29
Imagen 18, “Residuos sólidos orgánicos sin preparación”	29
Imagen 19, “Cortado de los residuos orgánicos”	30
Imagen 20, “Residuos sólidos orgánicos cortados y separados”	30
Imagen 21, “Agregado de residuos orgánicos a la vermicomposta”	31
Imagen 22, “Pila compostadora cubierta con plástico negro”	37
Imagen 23, “Toma de temperatura a la vermicomposta”	40
Imagen 24, “Distribución de la temperatura en la vermicomposta”	40
Imagen 25, “Cribado del Humus de lombriz”	74
Imagen 26, “Humus tamizado y material grueso”	74
Imagen 27, “Extendido del humus de lombriz”	77
Imagen 28, “Humus cernido y material grueso producido”	80

LISTA DE TABLAS

Tabla 1, "Material y herramientas necesarios para la construcción y colocación de la pila compostadora"	21
Tabla 2, "Materiales y herramienta necesarios para la elaboración de la vermicomposta"	28
Tabla 3, "Introducción de residuos sólidos orgánicos, durante la primera etapa"	32
Tabla 4, "Residuos sólidos orgánicos introducidos, durante la segunda etapa"	34
Tabla 5, "Temperaturas registradas"	41
Tabla 6, "Determinación del porcentaje de humedad"	46
Tabla 7, "Agua agregada semanalmente"	48
Tabla 8, "Determinación del pH"	51
Tabla 9, "Determinación de la demanda química de oxígeno"	55
Tabla 10, "Determinación del porcentaje de Nitrógeno total"	56
Tabla 11, "Determinación de carbono orgánico"	61
Tabla 12, "Determinación del porcentaje de fosforo"	63
Tabla 13, "Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno"	65
Tabla 14, "Estudio de generación de residuos sólidos urbanos y su composición por tipo de residuo"	70
Tabla 15, "Granulometría de la vermicomposta"	75
Tabla 16, "Calidad del humus de lombriz"	77
Tabla 17, "Especificaciones fisicoquímicas"	78
Tabla 18, "Especificaciones microbiológicas"	79

LISTA DE GRAFICAS

Gráfica 1, "Cantidad de Residuos sólidos orgánicos agregados, durante la primera etapa".....	33
Gráfica 2, "Cantidad de residuos sólidos orgánicos, agregados durante la segunda etapa".....	35
Gráfica 3, "Temperaturas registradas".....	42
Gráfica 4, "Porcentaje de humedad en la vermicomposta"	47
Gráfica 5, "Agua agregada semanalmente"	49
Gráfica 6, "pH en la vermicomposta".....	52
Gráfica 7, "Demanda Química de Oxígeno en la vermicomposta"	55
Gráfica 8, "Porcentaje de nitrógeno en la vermicomposta"	57
Gráfica 9, "Materia y carbono orgánico en la vermicomposta"	61
Gráfica 10, "Porcentaje de fósforo en la vermicomposta"	64
Gráfica 11, "Relación carbono/nitrógeno en la vermicomposta"	66
Gráfica 12, "Composición en peso de los RSU"	71
Gráfica 13, "Composición en volumen de los RSU"	71
Gráfica 14, "Curva granulométrica"	75

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se propuso y realizó la generación de humus por medio del proceso de vermicomposta como solución a la gran cantidad de residuos sólidos orgánicos generados en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria, la cual será producida a partir de los residuos sólidos orgánicos que se generan en la zona gastronómica, ubicada en Ciudad Universitaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo en Morelia, Mich.

Para la degradación de los residuos sólidos orgánicos generados en la zona gastronómica se utilizó el método de vermicompostaje, con lombriz roja californiana, por medio de pilas con aireación por medio de volteos. Se realizó de manera periódica el control de los distintos parámetros necesarios para la óptima degradación del material orgánico; los parámetros observados fueron la temperatura, humedad, pH, relación carbono/nitrógeno, cantidad de fósforo y peso específico del humus de lombriz. Evaluando el proceso de vermicompostaje y la calidad del humus de lombriz producido durante este proyecto.

De la “basura” que se genera diariamente en esta zona, por la actividad propia de la zona gastronómica; existen varios desechos que se denominan residuos sólidos orgánicos y que son reutilizables para varias actividades, como lo es el proceso de compostaje o vermicompostaje, para nuestro caso.

Los desechos generados en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria son principalmente residuos orgánicos que al mezclarse con los demás residuos que se generan pierden la posibilidad de ser utilizados como residuos sólidos orgánicos en la fabricación de vermicomposta.

El crecimiento de la demanda de alimentos por medio de la comunidad estudiantil en Ciudad Universitaria ha ido provocando que vaya en aumento la generación de residuos, lo cual deriva en un problema tanto ambiental como laboral por la contaminación que se genera y el trabajo que se necesita para desechar estos residuos.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La zona gastronómica en Ciudad Universitaria ha ido aumentando su actividad debido al crecimiento de la población estudiantil, por lo que, se genera un mayor número de residuos sólidos urbanos.

Actualmente la generación de “basura” en esta zona es un gran problema para el medio ambiente y para los mismos dueños de los diferentes locales comerciales, del total de los residuos que se generan, aproximadamente el 50% puede ser utilizada como residuos sólidos orgánicos para la generación de vermicomposta.

En esta investigación se propone la generación de humus, por medio de vermicomposta que será generada de residuos sólidos orgánicos que se producen en la zona gastronómica y que son catalogados como basura.

Obteniendo como resultado la disminución de la cantidad de residuos generados en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria, aproximadamente en un 45 % de su peso, para darle una reutilización a dichos residuos sólidos orgánicos y obtener un beneficio económico de la realización de esta actividad.

Los fertilizantes químicos tienen un costo muy elevado en comparación al costo que tiene la producción de un humus generado a partir de residuos sólidos orgánicos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVOS GENERALES

Generar humus de lombriz de calidad “extra” conforme la NMX-FF-109-SCFI-2007 “*HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA*”, controlando los parámetros para que se realice un óptimo proceso de degradación de los residuos sólidos orgánicos. Con los procedimientos y especificaciones que marca la Norma Mexicana anteriormente mencionada.

1.2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Producir vermicomposta a partir de los residuos sólidos orgánicos generados en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria.
- Monitorear y dar seguimiento a la vermicomposta, verificando las características de esta, para que el proceso sea óptimo.
- Evaluar el humus de lombriz generado conforme las especificaciones de calidad, físico-químicas y microbiológicas que marca la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007.
- Definir la manera más adecuada de controlar las condiciones que intervienen en el proceso de vermicompostaje, para optimizar el proceso de degradación de residuos sólidos orgánicos.

1.3 HIPÒTESIS

Es posible generar humus de lombriz de calidad extra conforme a las especificaciones de la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007, por medio del proceso de vermicompostaje utilizando como materia prima los residuos sólidos orgánicos provenientes de la zona gastronómica de Ciudad Universitaria.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES

Los residuos se definen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como aquellos materiales o productos cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentran en estado sólido o semisólido, líquido o gaseoso y que se contienen en recipientes o depósitos; pueden ser susceptibles de ser valorizados o requieren sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la misma Ley. Se les clasifica en tres grandes grupos: residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos.

El compostaje es una opción que permite a las autoridades la reducción de hasta un 50% en el peso de los residuos que vayan a ser depositados en el sitio de disposición final. El compostaje bien operado bajo criterios de eficiencia técnica y económica, puede representar un beneficio económico en el manejo integral de RSU. Si bien existen numerosas experiencias de compostaje a escala municipal en México, estas experiencias están marcadas por un número significativo de fracasos, y muchas de las plantas que operan actualmente lo hacen aun con dificultad debido a una serie de factores políticos, económicos, administrativos, técnicos y sociales.

(LGPGIR, 2015)

2.2 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

Los Residuos Sólidos Urbanos, que son los generados en las casas, como resultado de la eliminación de los materiales que se utilizan en las actividades domésticas; son también los que provienen de establecimientos o la vía pública, o los que resultan de la limpieza de las vías o lugares públicos y que tienen características como los domiciliarios. Su manejo y control es competencia de las autoridades municipales y delegacionales.

(Rodriguez & Cordoba, 2006)

2.3 GENERACIÓN DE RSU

Las cifras sobre la generación de RSU a nivel nacional que se han reportado en los últimos años presentan limitaciones importantes, básicamente porque no se trata de mediciones directas, sino de estimaciones. Son calculadas por la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol) conforme a lo establecido en la norma NMX-AA-61-1985 sobre la Determinación de la Generación de Residuos Sólidos. Según dicha dependencia, en 2011 se generaron alrededor de 41 millones de toneladas, lo que equivale a cerca de 112.5 mil toneladas de RSU diariamente.

La generación de RSU se ha incrementado notablemente en los últimos años; tan sólo entre 2003 y 2011 creció 25%, como resultado principalmente del crecimiento urbano, el desarrollo industrial, las modificaciones tecnológicas, el gasto de la población y el cambio en los patrones de consumo.

(SEDESOL, 2013)

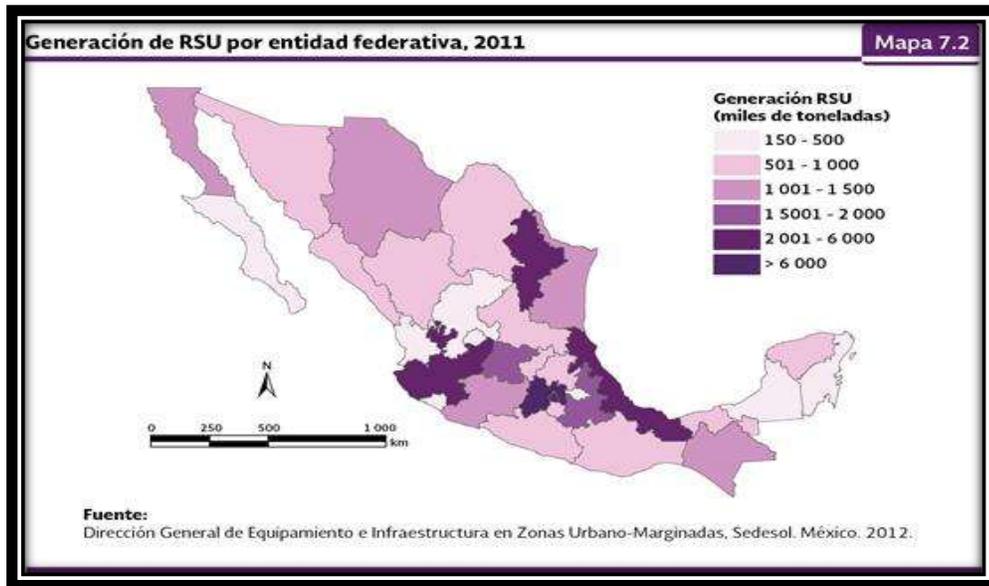


Imagen 1, “Generación de RSU por entidad federativa, 2011”

2.4 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU)

En México la composición de los residuos sólidos urbanos, se clasifican según el material del que estén hechos y se presentan de la siguiente forma:

(SEDESOL, 2013)

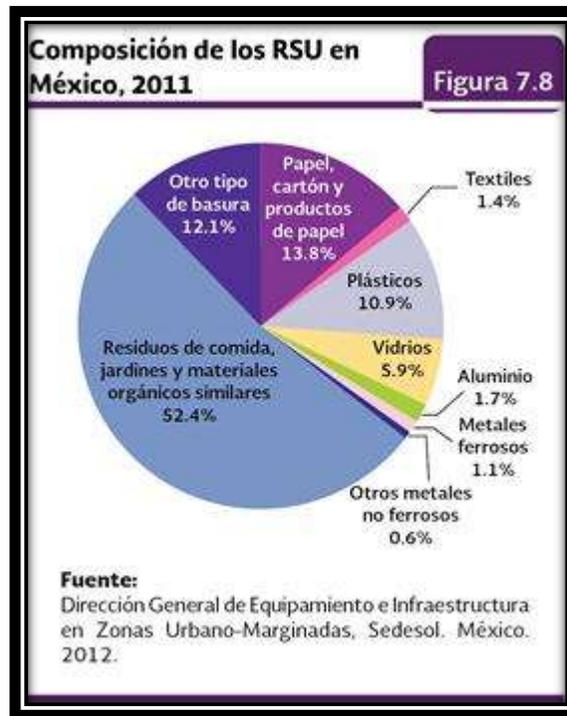


Imagen 2 "Composición de los RSU en México, 2011"

2.5 RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Los residuos sólidos orgánicos son todos aquellos restos de comida, jardinería y materiales orgánicos similares (pasta, hojas, papel, cascaras de frutas y verduras, etc.). Los cuales son el tipo de materiales que nos sirven para la generación de la vermicomposta.

(SEDESOL, 2013)

GENERACIÓN DE RSU TOTAL Y PER CÁPITA (generación total en toneladas y generación per cápita en kg/habitante/día)																
GENERACIÓN	AÑO															
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Total	29 272 425	30 550 673	30 952 239	30 733 263	31 488 501	32 173 606	32 915 700	34 604 000	35 405 000	36 135 000	36 865 000	37 595 000	38 325 000	40 058 750	41 082 500	42 102 750
Per cápita	0.83	0.85	0.85	0.83	0.84	0.85	0.86	0.89	0.91	0.91	0.92	0.93	0.93	0.96	0.97	0.99

Fuentes:
 Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas. Sedesol. México. 2013.
 Consejo Nacional de Población (Conapo). Proyecciones de la población de México 2010-2050 y estimaciones 1990-2009. México. Abril 2013.

Imagen 3, "Generación de RSU total y per cápita"

En la imagen 3, de Sedesol se puede observar como en la generación de residuos sólidos urbanos en México ha ido en aumento a lo largo de los años, pasando de 0.83 kg/hab/día en 1997 hasta 0.99 kg/hab/día en el 2012.

2.6 TÉCNICAS DE COMPOSTAJE

Existen variadas técnicas de compostaje, las que se ajustan a diferentes necesidades; la elección de una técnica depende de la cantidad y tipo de material a procesar, inversión disponible y disponibilidad de terreno, complejidad operacional y del producto final que se quiere obtener. Los distintos sistemas están determinados por los mecanismos de aireación que se utilizan en el proceso, generalmente los podemos agrupar en: aireación pasiva, aireación forzada, y aireación por volteos del material.

- Compostaje de aireación pasiva pueden ser: de zanja o pozo, compostaje de bolsa y en pilas estáticas. El compostaje de pozo requiere que se cave un hoyo en la tierra para depositar la basura orgánica; cava un hoyo circular pequeño si sólo tienes una pequeña cantidad de residuos, pero sigue con una zanja larga y estrecha si necesitas deshacerte de una gran cantidad de materiales orgánicos. Luego de depositar los residuos en el hoyo del compostaje, humedécelo con agua y cúbrelo de 15 cm de tierra vegetal para cerrarla por completo y evitar que las plagas excaven los materiales desde arriba. Para el compostaje en bolsa, llena una bolsa de plástico negra con una mezcla de materia orgánica, como hojas secas, paja, hierba cortada y aserrín. Humedece el residuo con agua y sella la bolsa herméticamente para evitar la entrada de aire, y luego coloca la bolsa en un lugar seguro. Para el compostaje por medio de pilas, se forman pilas colocando

una capa gruesa (aproximadamente 6 cm) de aserrín o tierra y se deja sin movimiento, se vierte ahí todos los desechos orgánicos y se cubren con otra capa de tierra, para que se mantenga la humedad se rocía con un poco de agua que resulta indispensable y se espolvorea con cal para evitar malos olores. Termina ventilándose naturalmente por un proceso de convección térmica natural. En este procedimiento no se tiene temperatura, los procesos son los naturales a temperatura ambiente.

- Compostaje de aireación forzada pueden ser en pilas estáticas aireadas: consiste en airear de manera forzada la materia que se está compostando. La pila se construye sobre una red de tuberías, donde se suministra o extrae aire frecuentemente para proporcionar un medio aeróbico. Esta técnica es conocida también como técnica activa o caliente: se controla la temperatura para permitir el desarrollo de las bacterias más activas, matar la mayoría de patógenos.
- Compostaje de aireación por medio de volteos puede ser en, en pilas de volteo: este sistema de compostaje es el más utilizado, y se realiza mediante un volteo manual o mecánico. En este método se amontona el material, se mezcla y volteo periódicamente, evitando así la compactación y entregando oxígeno al sistema.

(Cedillo, 2015)

2.7 AGENTES DE LA DESCOMPOSICIÓN

La construcción de pilas o silos para el compostaje tiene como objetivo la generación de un entorno apropiado para el ecosistema de descomposición. El entorno no solo mantiene a los agentes de la descomposición, sino también a otros que se alimentan de ellos. Los residuos de todos ellos pasan a formar parte del compost.

La basura orgánica en descomposición produce metano (gas que atrapa la energía solar provocando junto con otros gases el aumento de la temperatura global); una molécula absorbe veinte veces más calor que una de CO₂, por eso es el peor gas para el aire.

- Microscópicos: Los agentes más efectivos de la descomposición son las bacterias y otros microorganismos. Los microorganismos eficientes son un conjunto de bacterias (caldo microbiano) que unidas producen a temperaturas favorables un

aprovechamiento de los componentes de la materia a compostar para optimizar el proceso de compostaje. También desempeñan un importante papel los hongos, protozoos y actino bacterias.

- **Macroscópicos:** Ya a nivel macroscópico se encuentran las lombrices de tierra, hormigas, caracoles, babosas, milpiés, cochinillas, etc., que consumen y degradan la materia orgánica.

(RURAL INCA, 1998)

2.8 VERMICOMPOSTA

Es una técnica que involucra varios procesos biológicos, que aceleran la transformación y degradación de un residuo orgánico en descomposición y lo convierte en abono para las plantas. El lombricomposteo, o vermicomposteo como se le ha llamado también, es una ecotecnología sencilla, viable y fructífera para la producción intensiva de abono orgánico.

Por la calidad del producto que genera, puede hablarse del abono orgánico de mejor presentación, calidad y cotización en el mercado.

El abono de las lombrices es el conjunto de las excretas o heces fecales de las lombrices; tiene la misma apariencia y olor de la tierra negra y fresca, es un sustrato estabilizado de gran uniformidad, contenido nutrimental y con una excelente estructura física, porosidad, aireación, drenaje y capacidad de retención de humedad. Durante el proceso no se generan desperdicios, malos olores o atracción de organismos indeseables, además no requiere de equipos costosos, conocimientos profundos o controles estrictos.

Por la utilidad que representan al hombre y a la naturaleza, debemos reconocer las cualidades de las lombrices y del compostaje en general, para tratar de devolver a la naturaleza los nutrientes y la fertilidad que durante años y años hemos tomado del suelo. Una de las ventajas de vermicomposta es su uso como fertilizante orgánico que libera lentamente sus elementos nutritivos.

(Guía para la práctica y estudio de mercados potenciales, 2013)

De acuerdo con lo que dice la norma NMX-FF-109-SCFI-2007 denomina humus de lombriz al producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra, denominada Lombricultura.

2.9 ANTECEDENTES DE LA LOMBRICULTURA

Las primeras referencias acerca del conocimiento respecto a la importancia de las lombrices de tierra datan de los años 884-322 a. de C., cuando Aristóteles las llamó “el intestino de la tierra”. En 1777 Gilbert White escribió: “El gusano de tierra en apariencia ínfimo eslabón de la cadena de la naturaleza, dejaría si desapareciera un lamentable vacío...”, ya que ellas cierran el ciclo de la vida. “Los gusanos de tierra parecen ser los grandes promotores de la vegetación”. “...La tierra sin ellos pronto parecería fría, desierta, desprovista de fermentación y por consiguiente estéril”.

En 1888 después de muchos años de estudio Charles Darwin publicó su obra maestra La formación de la cubierta vegetal, a través de la acción de las lombrices de tierra. La década de 1940 señaló un periodo de importancia para la demostración experimental del significado de las lombrices y el desarrollo de la cría artificial, con diversas finalidades en varios países. Desde 1947 existen referencias del empleo masivo de las lombrices de tierra. En 1947 zoológicos de Estados Unidos de América (EUA) empleaban las lombrices para la alimentación animal y Hugh Carter las criaba con fines comerciales.

La lombricultura extensiva comienza en Italia en 1978. La actividad de los suelos depende de su fauna y flora microbiana, que son la base indispensable de los procesos biogeoquímicos. En Asia se ha dado a las lombrices una justa atención de acuerdo con sus potencialidades. Se emplean como harina para elaborar diversos platillos. En Japón se les atribuyen propiedades afrodisíacas, se extraen medicamentos y se elaboran bebidas. En Filipinas se mezclan con alimentos para animales domésticos, peces, camarones, ranas, larvas y para el consumo humano. En Taiwán se utilizan para alimentar patos, anguilas, etcétera.

Se llevaron a cabo congresos internacionales como el I y II Congreso de Zoología del Suelo, la Reunión sobre Compostaje, el Taller sobre el Papel de las Lombrices de Tierra en la Transformación de los Residuos Orgánicos, los Congresos I y II de Vermicultura (Filipinas), así como la I y II Conferencia sobre el Estudio de los Oligoquetos. Todos estos eventos han dado lugar a obras de autores de renombre internacional sobre la vida de las lombrices de tierra. En Cuba, a partir de ellas se produce humus que se aplica en cultivos de tabaco, café, hortalizas y verduras, además se emplean como fuente de proteína animal y se investigan aspectos farmacológicos como la obtención de proteasas.

En 1979 comenzaron las investigaciones en la Universidad de La Habana que abarca el estudio de la taxonomía de la oligoqueto fauna, su distribución, aspectos de la explotación económica, estudios poblacionales, bioquímicos y nutricionales. En 1985 se aprobó el desarrollo de un Proyecto Ramal de Investigaciones y un Programa Nacional para el Desarrollo de la Lombricultura en todo el país. La actividad está estructurada a través de la Comisión Nacional constituida por un sector administrativo (Ministerio de la Agricultura) y otro científico (centros de educación e investigaciones), apoyado por la Comisión Nacional de Expertos, (constituida por especialistas de diferentes instituciones en la rama de Lombricultura).

(Candelaria García, Navarro Espinoza, Velázquez López, & Judith, 2013)

2.10 HUMUS DE LOMBRIZ

La composición y calidad de la vermicomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume la lombriz, por lo tanto, un manejo adecuado de los desechos para formular una mezcla bien balanceada producirá una vermicomposta de excelente calidad. Mientras más variado sea el origen de la composta, mayor valor nutritivo tendrá.

Las tierras ricas en humus son esponjosas y menos sensibles a la sequía, facilitando la absorción de los elementos fertilizantes de manera inmediata, su pH neutro permite aplicarlo en contacto con la raíz de forma que evita en 100% el choque del trasplante y facilita la germinación de las semillas, contiene sustancias fito reguladoras

que aumentan la capacidad inmunológica de las plantas por lo que ayuda a controlar la aparición de plagas.

El conjunto de todas las propiedades descritas, hacen que con su aplicación, mejore la estructura y equilibrio del terreno, aumente su capacidad de producción, además de nutrientes y hormonas vegetales, este humus posee una importante carga bacteriana que degrada los nutrientes a formas asimilables por las plantas. En el siguiente cuadro, se muestran algunos valores de rangos de nutrientes y características de la vermicomposta.

(Candelaria García, Navarro Espinoza, Velázquez López, & Judith, 2013)

2.11 LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA)

Es una especie de lombriz de tierra del género Eisenia, perteneciente a la familia Lumbricidae, del orden de los haplotáxidos, perteneciente a su vez a la subclase de los oligoquetos.

Es hermafrodita incompleta (tiene ambos sexos, pero para reproducirse ha de aparearse). Está dotada de cinco corazones y seis pares de riñones.

Son criadas en cualquier lugar donde las temperaturas no superen los 40 °C y se dé al menos una temporada con un promedio inferior, siendo los climas templados los ideales para su reproducción.

Estas lombrices alcanzan la máxima capacidad de reproducción entre los 14 y los 27 °C; se reproducirán menos durante los meses más cálidos y durante los más fríos.

Cuando la temperatura es inferior a 7 °C, las lombrices no se reproducen; pero siguen produciendo abono, aunque en menor cantidad de lo habitual.

El *compost* (*humus* de lombriz) que produce sirve como excelente fertilizante para praderas, huertas y árboles frutales.

Las lombrices adultas pesan de 0,24 hasta 1,4 gramos, comiendo una ración diaria que tiende a su propio peso; de ella, un 55% se traduce en abono, lo que hace muy interesante en su caso la vermicultura.

(Schuldt, 2006)

2.12 CARACTERÍSTICAS DE LA LOMBRIZ EISENIA FOETIDA

Las lombrices son de cuerpo alargado, segmentado y simetría bilateral; al nacer son blancas; de 5 ó 6 días, toman un color rosado y de 120 días adquieren un color rojizo, estando en condiciones de aparearse.

Esta lombriz habita en los primeros 50 cms del suelo, es susceptible a cambios climáticos, es fotofóbica, le afectan los rayos ultravioleta, la humedad excesiva y la acidez del medio; cava túneles en suelo blando y húmedo, digiere partículas vegetales o animales en descomposición y vuelve a la superficie a expulsar sus excreciones ricas en nutrientes para el suelo.

- Color rojo oscuro
- Respiración cutánea
- Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 mm de diámetro, y pesa hasta aproximadamente 1,4 g
 - No soporta la luz solar: una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos
 - Vive aproximadamente unos 4,5 años, y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año
 - La lombriz californiana avanza excavando en el terreno a medida que come, depositando sus deyecciones y convirtiendo ese terreno en uno mucho más fértil que el que pueda lograrse con los mejores fertilizantes artificiales
- Los excrementos de la lombriz contienen:
 - 5 veces más nitrógeno
 - 7 veces más fósforo
 - 5 veces más potasio
 - 2 veces más calcioque el material orgánico ingerido.
- En cautiverio tiene una vida media de 4 años.
- No contrae enfermedades ni las transmite.

- En estado adulto pesa aproximadamente 1 gramo, y come el equivalente a su peso diariamente.
- La extraordinaria capacidad reproductiva de la lombriz roja de California permite al lombricultor amortizar el capital invertido en un plazo razonable de tiempo.
- En un criadero de lombriz roja de California en fase de expansión, el número de ejemplares se duplica cada tres meses, es decir, 16 veces en un año, 256 veces en dos años y 4.096 veces en 3 años.

(Martínez, 1999)

2.13 CICLO DE VIDA DE LA EISENIA FOETIDA

Son hermafroditas, pero no se auto-fecundan, por lo que es necesaria la cópula que ocurre cada 7 ó 10 días. Cada individuo coloca una cápsula (huevo en forma de pera, color amarillo) de 2 mm de donde emergen de 1 a 4 lombrices después de un periodo de incubación que va de 14 a 21 días.

Las lombrices pueden llegar a vivir de 1 a 3 años en un sistema de vermicompostaje y su población se puede duplicar cada 90 días, si se tienen las condiciones óptimas.

(Ferruzi, 1994)

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 UBICACIÓN GEOGRÀFICA

3.1.1 MACROLOCALIZACIÓN

El plantel de Ciudad Universitaria de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo se encuentra ubicado en la zona sur de la ciudad de Morelia, Michoacán, México.

Con domicilio en la calle Gral. Francisco J. Mujica, sin número. C.P. 58030

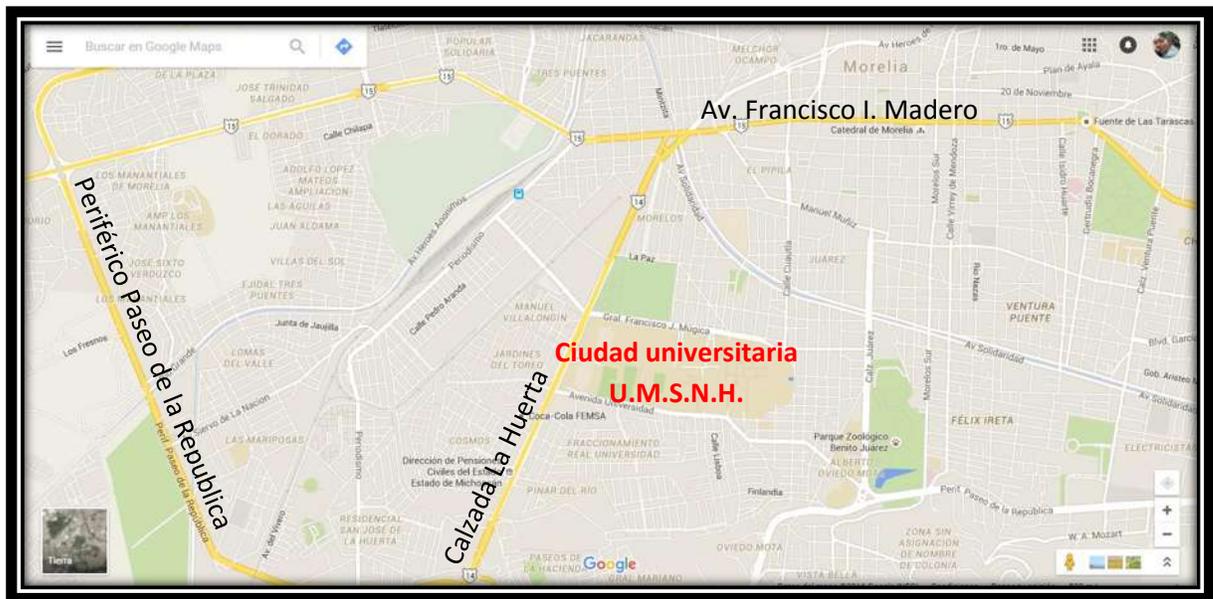


Imagen 4, "Macro localización de Ciudad Universitaria"

3.1.2 MICROLOCALIZACIÓN

Los residuos sólidos orgánicos se obtuvieron del establecimiento “Energéticos Aní” en el cual se nos facilitó la obtención de residuos sólidos orgánicos generados de la actividad que ahí realizan, principalmente residuos de frutas (cáscaras de sandía, melón, papaya, manzana y mango), este comercio se dedica principalmente a la venta de frutas picadas y preparadas, baguettes y bebidas (designado con un cuadrado y estrella roja como se observa en la Figura 4). Se encuentra ubicado en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria de la UMSNH en Morelia, Mich.

El silo compostador se ubicó a un costado del laboratorio de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, marcado con un cuadrado y estrella negra como se muestra en la Imagen 5, para la facilitación de las pruebas, control y todo lo necesario de su proceso de vermicompostaje.

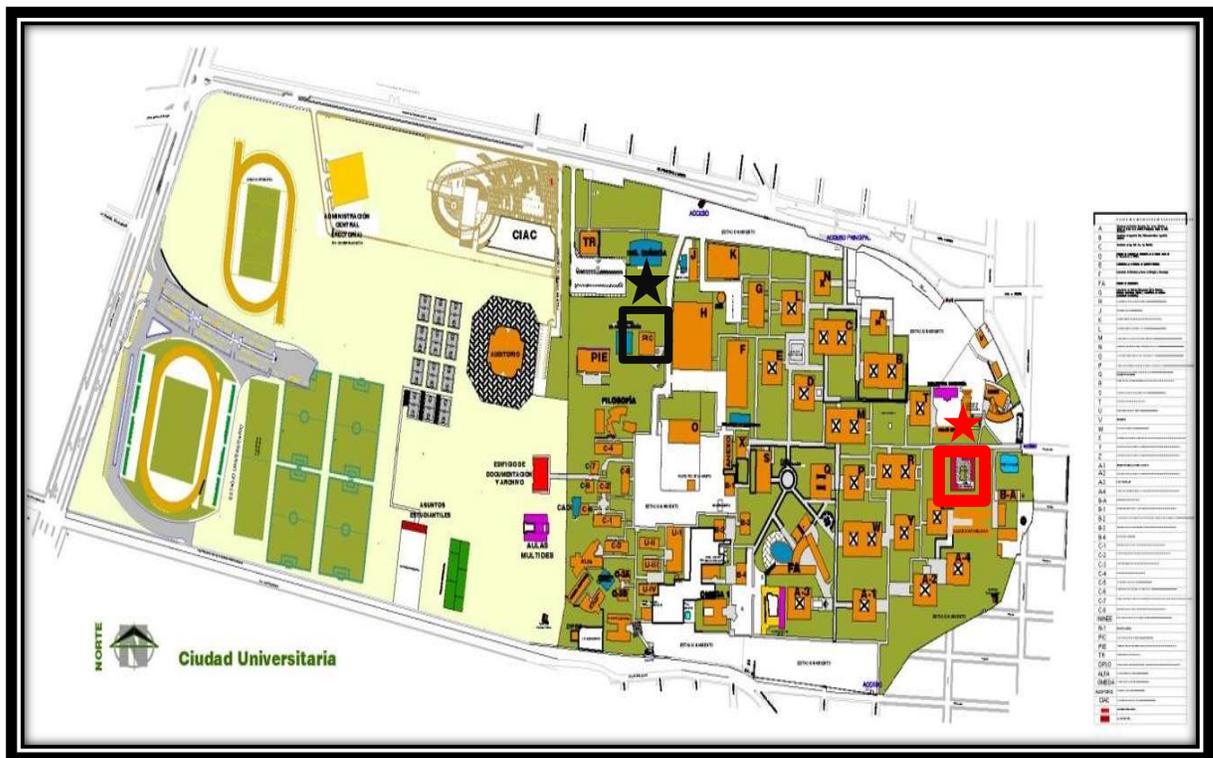


Imagen 5, "Plano de ciudad universitaria, UMSNH"



Imagen 6, "Zona Gastronómica de C.U."

En la Imagen 6 se puede observar un costado de la zona gastronómica de Ciudad Universitaria de la U.M.S.N.H. en el cual se propone el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en este, para la producción de humus de lombriz por medio del proceso de vermicompostaje.

3.2 PROCESO

Para el seguimiento del proceso ocurrido durante esta investigación se llevaron a cabo los siguientes pasos:

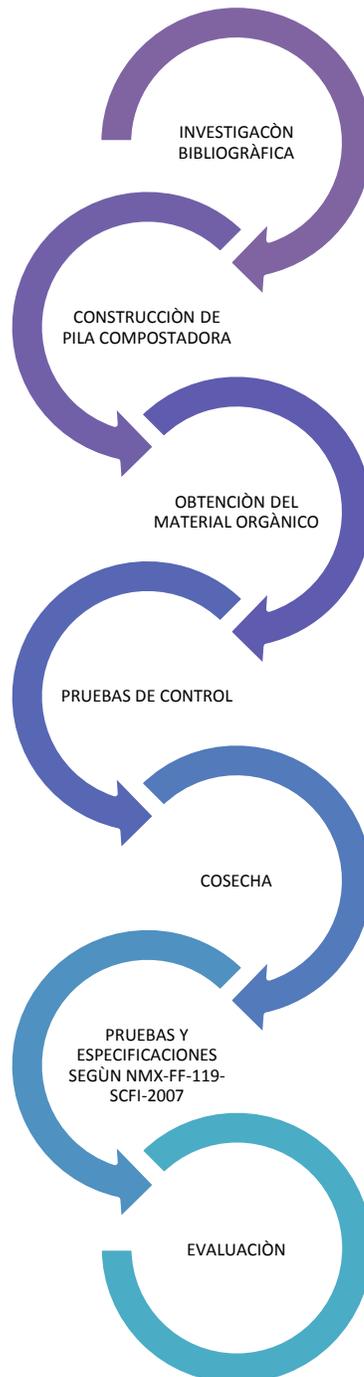


Imagen 7, "Proceso de Vermicompostaje"

3.2.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Durante la realización de esta etapa se recopiló toda la información necesaria para la realización del proyecto, por medio de páginas electrónicas, libros de texto y experiencia de algunos investigadores en el área.

Se investigó acerca del proceso de vermicompostaje, degradación de residuos sólidos, algunas otras publicaciones sobre el tema, lombriz roja californiana, sistemas de compostaje, especificaciones, normatividad, la forma de agregar los residuos y el agua, la forma de muestreo para las diferentes pruebas de control y de calidad. etc.

Después de la investigación bibliográfica, se decidió realizar un vermicompostaje, debido a que varios autores lo definen como uno de los procesos más eficientes y que generan humus de mejor calidad. Se decidió que el método de degradación de residuos sería mediante una pila compostadora de materiales reciclados, la cual retendría el material y todo lo necesario para el proceso de vermicompostaje.

3.2.2 CONSTRUCCIÓN DE LA PILA COMPOSTADORA

Para la construcción de la pila compostadora, así como el hincado de esta; se utilizaron los materiales y herramientas que se muestran en la Tabla 1.

VERMICOMPOSTA	
Material y herramientas necesarias para la construcción y colocación de la pila compostadora.	
Serrucho Dentado	Para cortar las tablas de madera al tamaño necesario.
Brocha de 4 plg.	Para pintar las tablas de madera.
Esmalte	Para proteger las tablas de madera.
Martillo	Para la unión de las tablas de madera, utilizando los clavos.
Grapa para cable	Para la sujeción de la malla mosquitera a la pila compostadora.
Lija del #60	Para quitar las imperfecciones de la madera, causadas por los cortes.
Clavos de 2 1/2 plg	Para la unión de las tablas de madera.
Malla Mosquitera	Para recubrir la parte interna de la pila compostadora y mantener los residuos y materiales de la composta.
Tablas de madera de 2da, de 1/2 plg de espesor	Para la elaboración de la pila compostadora.
Pico	Para aflojar la tierra, para realizar los pozos donde se ubicará la pila compostadora
Pala	Para remover y agregar tierra.
Postes de madera de 2da	Para utilizar como postes en las esquinas de la pila compostadora.

Tabla 1, "Material y herramientas necesarios para la construcción y colocación de la pila compostadora"

Para la construcción de la pila compostadora fue utilizada como materia prima la madera, se utilizaron y recortaron tablas de madera al tamaño de 60 X 10 X 1.27 cm, también se necesitaron 4 postes de madera de 5 X 5 X 140 cm, así como, la unión de dos tablas de 65 X 30 X 1.27 cm que se utilizó como base para la pila compostadora y finalmente para la tapa de esta, se unieron dos tablas de madera de 65 X 30 X 1.27 cm.



Imagen 8, "Corte de las tablas para silo compostador"

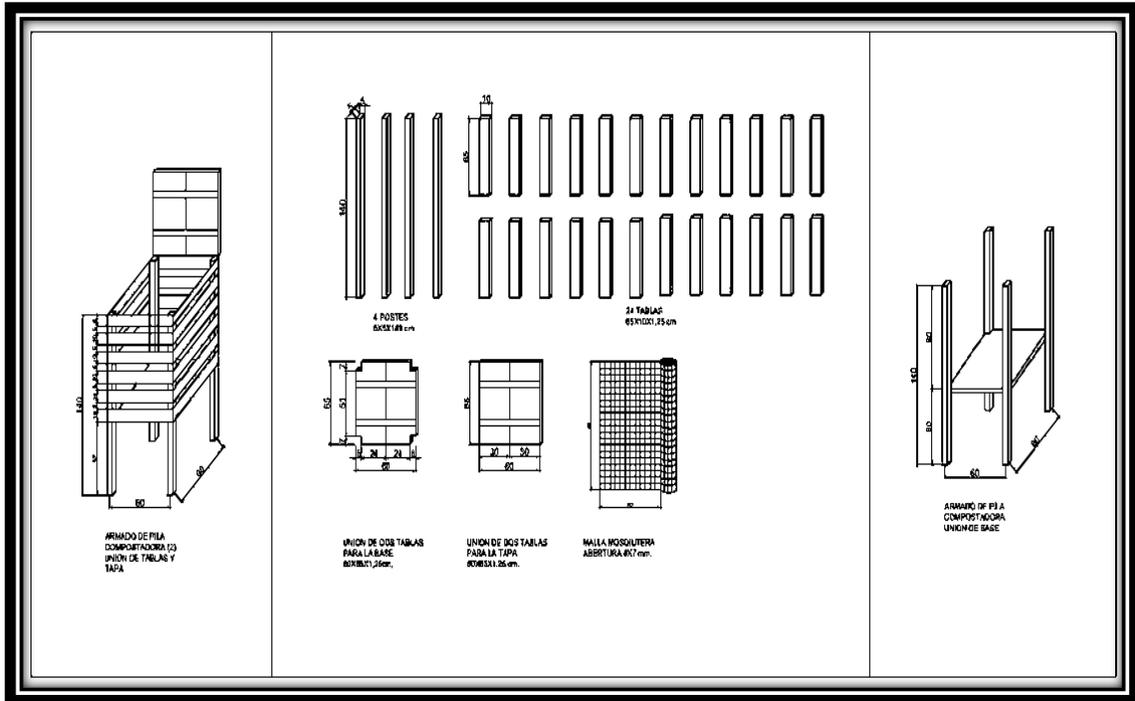


Imagen 9, "Plano de armado de la pila compostadora"

Después de haber obtenido los cortes y uniones necesarias se procedió a pintar con un esmalte para así proteger toda la madera de la intemperie y proceso de vermicompostaje.



Imagen 11, "Protección con esmalte en la madera"



Imagen 10, "Secado del esmalte"

Al final se armaron por medio de la utilización de clavos de 2 ½ pulgadas, para la unión entre los diferentes tipos de maderas.



Imagen 12, "Armado del silo compostador"

Se añadió una malla “mosquitera” plástica para cubrir el interior de la pila compostadora con una abertura de 1 mm. Para contener el material que se utilizó en el proceso de compostaje, como se muestra en la Imagen 13.



Imagen 13, "Malla mosquitera en el silo compostador"

Ya terminada la pila compostadora se procedió a localizarla en un lugar en donde tuviera sol, aireación y sombra durante el día, haciendo posos para colocar las patas de esta y así quedara fija al suelo.



Imagen 14, "Anclaje de la pila compostadora"

Ya terminado todo el proceso de construcción y ubicación de la pila compostadora, se muestra en la Imagen 15.



Imagen 15, "Pila compostadora terminada"

3.2.3 OBTENCIÓN DEL MATERIAL ORGÁNICO

Los residuos sólidos orgánicos se obtuvieron del comercio “Energéticos Aní” en el cual nos facilitó la obtención de residuos sólidos orgánicos generados de la actividad que ahí realizan, principalmente residuos de frutas (cáscaras de sandía, melón, papaya, manzana, mango y algunas veces restos de vegetales verdes), este comercio se encuentra ubicado en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria de la UMSNH en Morelia, Mich.



Imagen 16, "Local, Energéticos Aní"

La cantidad de residuos sólidos orgánicos que se nos proporcionó se vió afectada por la temporada en la que se encontraba (vacaciones, exámenes, suspensiones, día normal, etc.) y de los residuos de fruta generados durante el turno matutino del día en el que se nos proporcionó el material orgánico.

3.2.4 PRUEBAS DE CONTROL

Se realizaron las siguientes pruebas para determinar los parámetros más importantes del proceso de vermicompostaje y en base a los resultados obtenidos en cada parámetro medido por la prueba se determinó la realización de la acción o acciones para corregir, continuar o mejorar con el óptimo proceso de vermicompostaje, según las indicaciones que denotan las Normas Mexicanas:

- Temperatura *NMX-AA-007-SCFI-2000 "ANÁLISIS DE AGUA – MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA"*
- pH *NMX-AA-25-1984 "PROTECCIÓN AL AMBIENTE-CONTAMINACIÓN DEL SUELO-RESIDUOS SÓLIDOS - DETERMINACIÓN DEL pH - MÉTODO POTENCIOMÉTRICO"*
- Humedad *NMX-AA-16-1984 "PROTECCIÓN AL AMBIENTE -CONTAMINACIÓN DEL SUELO - RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACIÓN DE HUMEDAD"*
- Demanda Química de Oxígeno (DQO) *NMX-AA-030/2-SCFI-2011 "ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA - PARTE 2 - DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO – MÉTODO DE TUBO SELLADO A PEQUEÑA ESCALA".*
- Determinación del porcentaje de carbono *NMX-FF-109-2007 "HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA"*
- Nitrógeno *MÉTODO ESPECTOFOTOMÉTRICO "HACH"*
- Fósforo *MÉTODO ESPECTOFOTOMÉTRICO "HACH"*
- Relación Carbono/Nitrógeno *NMX-FF-109-SCFI-2007 "HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA"*

3.2.5 COSECHA

Para la cosecha del humus de lombriz se eligió la separación de las lombrices y el humus por medio de un cribado por una malla con una apertura de 5 mm.

Se eligió este método porque se designó como el mejor para obtener el humus de lombriz menor a 5 mm. El cual nos marca la *NMX-FF-109-SCFI-2007* debe tener una granulometría menor a 5 mm. Para que pueda ser llamado humus de lombriz tamizado.

También porque al mismo tiempo que se realizó el cribado se generó la separación de las lombrices, las cuales permanecían en el material grueso, sin pasar la malla.

3.2.6 PRUEBAS DE CALIDAD Y ESPECIFICACIONES SEGÚN NMX-FF-109-SCFI-2007

Para determinar la calidad del humus generado después del proceso de vermicompostaje, así como de las especificaciones que debe de cumplir se comparó con los parámetros y especificaciones que marca la NMX-FF-109-SCFI-2007 para poder establecerlo en una calidad determinada y si cumple o no con las especificaciones.

Para poder realizar las comparaciones de todas las especificaciones que nos marca la norma se realizaron las diferentes pruebas necesarias para la obtención de los distintos parámetros que necesitamos.

3.2.7 EVALUACIÓN

Después de haber realizado las pruebas correspondientes para la determinación de los valores de calidad y especificaciones marcados por la NMX-FF-109-SCFI-2007, se compararon los valores obtenidos para determinar la calidad del humus de lombriz generado y si cumple con las especificaciones que nos marca la norma.

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

4.1 MATERIALES NECESARIOS PARA LA CORRECTA ELABORACIÓN DE LA VERMICOMPOSTA

Los materiales y herramientas que se utilizaron durante el proceso de vermicompostaje, así como su utilización se muestran en la Tabla 2.

VERMICOMPOSTA	
Materiales y herramientas necesarios para la elaboración de vermicomposta.	
Balanza Granataria	Para pesar las cantidades de material que se agrega a la composta.
Cuchillo	Para cortar los residuos orgánicos en trozos pequeños.
Tabla Para Picar	Para cortar los residuos orgánicos en trozos pequeños.
Cubetas de 4 Litros.	Para colocar los residuos cortados durante su manipulamiento.
Cubetas de 20 Litros.	Para la recolección de los residuos sólidos orgánicos.
Tamiz/Criba	Para la separación de los materiales grandes al final del proceso.
Tierra de Encino	Para desplantar y cubrir los residuos.
Agua Natural	Para proporcionar humedad a la vermicomposta.
Regadera de Jardín	Para proporcionar una distribución homogénea del agua de riego.
Guantes de Latex	Para la manipulación de la composta.
Plástico Negro	Para cubrir la pila compostadora en época de frío y lluvia.

Tabla 2, "Materiales y herramienta necesarios para la elaboración de la vermicomposta"

4.2 PIE DE CRÍA DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA FOETIDA)

Para el inicio de la vermicomposta se utilizó un pie de cría de 1 kg de lombriz roja californiana, la cual nos proporcionó el Ing. Ricardo Ruiz Chávez este pie de cría se encontraba combinado entre las lombrices y tierra, al realizar un conteo de lombrices al inicio de la vermicomposta se cuantificó que se introdujeron una cantidad de 800 lombrices vivas adultas, sin tomar en cuenta las lombrices en estado de crecimiento.



Imagen 17, "Pie de cría, lombriz roja californiana"

El pie de cría se colocó dentro de la pila compostadora, a la cual previamente se le había agregado tierra de encino para el inicio de la vermicomposta. Esta capa inicial se desplantó directamente en el fondo de la pila compostadora y tiene un espesor de 5 cm.

4.3 OBTENCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Para la obtención de los residuos sólidos orgánicos, como se mencionó anteriormente, se nos facilitaron de los residuos generados en el comercio “energéticos Aní”, que se encuentra en la zona gastronómica de ciudad universitaria.



Imagen 18, "Residuos sólidos orgánicos sin preparación"

Para el transporte de los residuos sólidos orgánicos del establecimiento hacia el laboratorio de ingeniería ambiental, donde se realizó la preparación de los residuos para su agregado a la vermicomposta, se utilizó una cubeta de plástico de 20 litros para contener y transportar dichos residuos.

4.3 PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Para que la vermicomposta fuese más eficiente, se introdujeron los residuos sólidos orgánicos de un tamaño de entre 2 y 5 cm. Para que su degradación sea lo más rápida y productiva posible. Por lo que es necesario el corte de los distintos residuos a un tamaño más pequeño, el cual se realiza por medio de un cuchillo con la utilización de una tabla de picar.



Imagen 19, "Cortado de los residuos orgánicos"

También se realizó la separación de los distintos tipos de residuos sólidos orgánicos para así poder cuantificar las cantidades que se agregaron de cada tipo de residuo a la vermicomposta.



Imagen 20, "Residuos sólidos orgánicos cortados y separados"

4.4 AGREGADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS A LA VERMICOMPOSTA

Para el agregado de los residuos después del proceso de preparación, se realizó un pequeño pozo al centro de la vermicomposta, para después agregar los residuos en este. Después de agregados los residuos, se continuaba a cubrir dichos residuos con una capa de tierra de 2 cm de espesor.



Imagen 21, "Agregado de residuos orgánicos a la vermicomposta"

Para finalizar se agregaba el agua necesaria para la optimización del proceso de vermicompostaje y vida de las lombrices, el cual se encuentra entre un 65% y 80% de humedad en relación al peso.

El agregado del agua se realizó con una regadera para una mejor asimilación del agua por la tierra, en un proceso lento y homogéneo.

4.5 CANTIDAD Y PERIODO DE AGREGADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

La cantidad de residuos agregada a la vermicomposta dependió fundamentalmente de la cantidad de residuos generados en el turno matutino en el establecimiento donde se nos proporcionaron estos residuos orgánicos.

El agregado de los residuos sólidos orgánicos se separó en dos etapas:

- Etapa primaria:

En la cual se agregaban residuos una vez por semana a la vermicomposta, durante los primeros dos meses para que la población de lombrices se adaptara y creciera según las nuevas condiciones que se le dieron.

Durante esta etapa solo agrego residuos los días viernes de cada semana en un horario entre las 1:00 y las 2:00 pm.

En la Tabla 3 se muestra la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se agregó a la vermicomposta, así como la composición por tipo de residuo sólido orgánico.

VERMICOMPOSTA									
FECHA	HORA	CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS INTRODUCIDO (grs.)							TOTAL
		MANGO	MELÒN	PAPAYA	SANDÌA	MANZANA	ZANAHORIA	VEG. VERDE	
18/09/2015	01:15 p. m.	1710	1170	710	70	70	0	0	3730
25/09/2015	01:30 p. m.	1025	2400	1040	280	100	0	0	4845
02/10/2015	01:50 p. m.	1250	1250	450	310	160	160	790	3820
09/10/2015	01:45 p. m.	0	1890	1500	330	220	0	0	3940
16/10/2015	01:30 p. m.	0	2440	1280	340	130	150	0	4340
23/10/2015	01:50 p. m.	0	2190	1210	430	160	0	0	3990
30/10/2015	01:00 p. m.	0	2630	1090	400	180	0	0	4300
06/11/2015	01:30 p. m.	0	3450	1030	440	190	0	0	5110
13/11/2015	01:00 p. m.	0	1370	1530	410	250	0	0	3560
19/11/2015	01:45 p. m.	0	2820	1440	580	50	0	0	4890

Tabla 3, "Introducción de residuos sólidos orgánicos, durante la primera etapa"

En la Gráfica 1 se puede observar en el eje horizontal la fecha de introducción de residuos orgánicos a la vermicomposta y en el eje vertical la cantidad total de residuos agregados en esa fecha.



Gráfica 1, "Cantidad de Residuos sólidos orgánicos agregados, durante la primera etapa"

- Etapa secundaria:

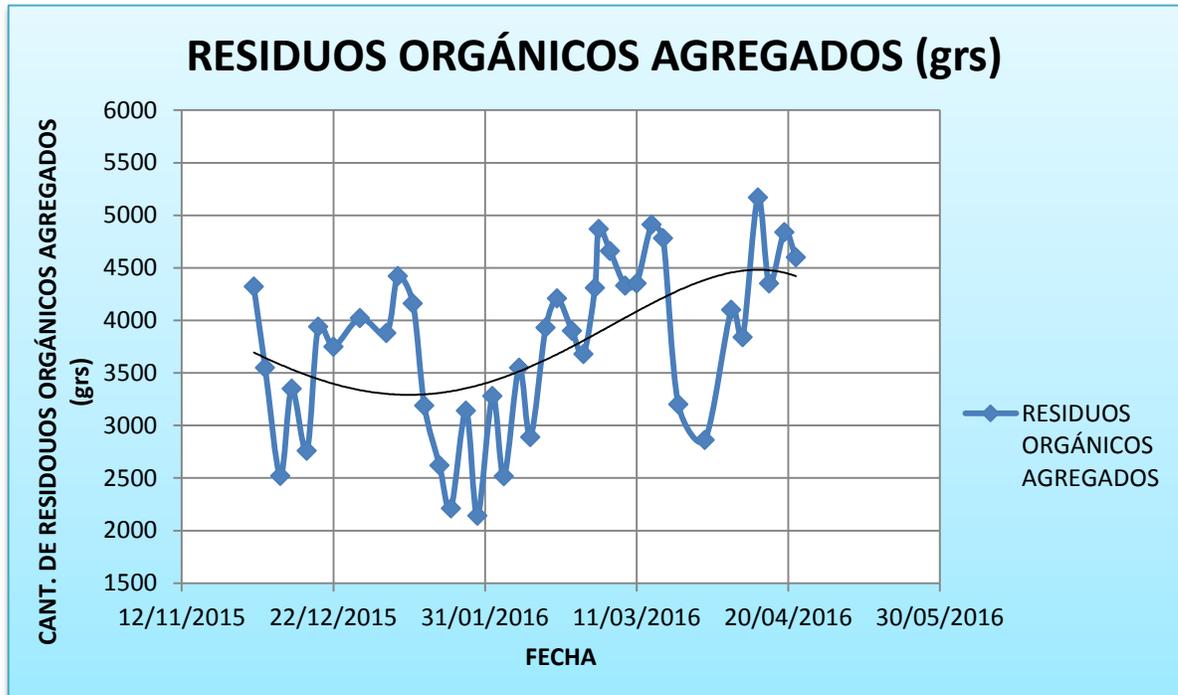
Una vez transcurrida la primera etapa en la cual se adaptaron las lombrices y crecieron su población, se procedió a introducir residuos sólidos orgánicos a la vermicomposta dos veces por semana, los días martes y jueves de cada semana. Esto con el fin de que la población de lombrices siguiera creciendo y se produjera una mayor cantidad de humus de lombriz y en un menor tiempo.

En la Tabla 4 se puede observar la introducción de residuos sólidos orgánicos y sus pesos por diferente tipo de residuos.

VERMICOMPOSTA								
FECHA	HORA	CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS INTRODUCIDOS (grs.)						
		MANGO	MELON	PAPAYA	SANDIA	MANZANA	VEG. VERDES	TOTAL
01/12/2015	01:00 p.m.	0	2520	1230	290	280	0	4320
04/12/2015	01:00 p.m.	0	2120	940	390	100	0	3550
08/12/2015	01:20 p.m.	0	1480	580	320	140	0	2520
11/12/2015	01:10 p.m.	0	1840	1060	360	90	0	3350
15/12/2015	01:00 p.m.	0	1710	670	230	150	0	2760
18/12/2015	01:30 p.m.	0	2150	1230	420	140	0	3940
22/12/2015	01:15 p.m.	0	1350	0	0	0	2400	3750
29/12/2015	01:10 p.m.	0	3000	0	0	0	1020	4020
05/01/2016	01:00 p.m.	0	2540	0	0	0	1340	3880
08/01/2016	01:10 p.m.	0	2550	1480	310	80	0	4420
12/01/2016	01:20 p.m.	0	2340	1260	400	160	0	4160
15/01/2016	01:20 p.m.	770	1040	300	330	130	620	3190
19/01/2016	01:40 p.m.	0	1250	880	450	40	0	2620
22/01/2016	01:50 p.m.	0	1200	640	300	70	0	2210
26/01/2016	01:30 p.m.	0	1640	610	820	70	0	3140
29/01/2016	01:25 p.m.	0	310	770	0	70	990	2140
02/02/2016	01:05 p.m.	0	2040	1040	0	200	0	3280
05/02/2016	01:35 p.m.	0	760	260	0	35	1460	2515
09/02/2016	01:55 p.m.	0	2200	720	500	130	0	3550
12/02/2016	01:30 p.m.	0	1570	720	0	150	450	2890
16/02/2016	01:15 p.m.	0	1950	1080	250	100	550	3930
19/02/2016	01:55 p.m.	0	2240	960	470	140	400	4210
23/02/2016	01:40 p.m.	380	1740	840	380	200	360	3900
26/02/2016	01:50 p.m.	0	1550	1230	780	120	0	3680
29/02/2016	01:10 p.m.	0	2350	1440	460	60	0	4310
01/03/2016	01:05 p.m.	0	2850	1390	540	90	0	4870
04/03/2016	01:45 p.m.	0	2690	980	890	100	0	4660
08/03/2016	01:40 p.m.	0	2400	1320	490	120	0	4330
11/03/2016	01:30 p.m.	1000	2250	1000	0	100	0	4350
15/03/2016	01:20 p.m.	0	2800	1880	210	20	0	4910
18/03/2016	01:50 p.m.	160	2760	1710	0	150	0	4780
22/03/2016	01:45 p.m.	0	0	0	0	0	3200	3200
29/03/2016	01:05 p.m.	0	0	0	0	0	2860	2860
05/04/2016	01:15 p.m.	200	2550	1100	0	250	0	4100
08/04/2016	01:55 p.m.	230	2340	1090	0	180	0	3840
12/04/2016	01:30 p.m.	340	2800	1450	550	30	0	5170
15/04/2016	01:10 p.m.	180	2760	1230	0	180	0	4350
19/04/2016	01:50 p.m.	550	2190	1640	340	120	0	4840
22/04/2016	01:45 p.m.	260	3160	940	180	60	0	4600

Tabla 4, "Residuos sólidos orgánicos introducidos, durante la segunda etapa"

En la Gráfica 2 se puede observar en el eje horizontal la fecha de introducción de residuos orgánicos a la vermicomposta y en el eje vertical la cantidad total de residuos agregados en esa fecha.



Gráfica 2, "Cantidad de residuos sólidos orgánicos, agregados durante la segunda etapa"

Como se puede observar en la Gráfica 2 durante los periodos vacacionales, al igual que de exámenes, la población de estudiantes que consumen en la zona gastronómica de ciudad universitaria disminuye y, por lo tanto, también disminuye la cantidad de residuos sólidos generados.

4.6 PERIODO VACACIONAL DICIEMBRE-ENERO

Durante el periodo vacacional comprendido entre las fechas del 21 de diciembre del 2015 y 7 de enero del 2016, se continuó introduciendo residuos a la vermicomposta. Durante el periodo vacacional la zona gastronómica ciudad universitaria no trabaja, por lo que, los residuos que se le introdujeron fueron obtenidos de la generación de residuos sólidos urbanos generados en una casa habitación. Se introdujeron residuos una vez por semana, el día martes de cada semana.

La temperatura también se siguió registrando y controlando, se realizó la medición de la temperatura en la vermicomposta una vez por semana, el día martes de cada semana. Esta medición se realizó en un intervalo de horario entre las 12:00 pm y la 1:00 pm; al igual que en el periodo de clases.

Respecto al control y la medición de la vermicomposta, se le agregó una cantidad promedio de agua, con respecto a los agregados anteriores, esto con el fin de que la vermicomposta no perdiera humedad. Ya que es uno de los factores más importantes y en los que se puede tener mayor variación si no se le da un control adecuado. Se le agregó agua a la vermicomposta una vez por semana, los días martes de cada semana; al igual que en el periodo de clases. Se le agregaron 8 litros por semana.

Las mediciones de carbono, nitrógeno y fósforo no se realizaron durante el periodo vacacional, debido a que las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Ambiental se encontraban inhábiles.

4.7 PERIODO VACACIONAL DE SEMANASANTA (21 MARZO - 1 ABRIL)

Durante el periodo vacacional comprendido entre las fechas del 21 de marzo al 1 de abril de 2016, se continuó introduciendo residuos a la vermicomposta. Durante el periodo vacacional la zona gastronómica ciudad universitaria no trabaja, por lo que, los residuos que se le introdujeron fueron obtenidos de la generación de residuos sólidos urbanos generados en una casa habitación. Se introdujeron residuos una vez por semana, el día martes de cada semana.

La temperatura también se siguió registrando y controlando, se realizó la medición de la temperatura en la vermicomposta una vez por semana, el día martes de cada semana. Esta medición se realizó en un horario entre las 12:00 pm y la 1:00 pm; al igual que en el periodo de clases.

Respecto al control y la medición del proceso de vermicompostaje, se le agregó una cantidad promedio de agua, con respecto a los agregados anteriores, esto con el fin de que la vermicomposta no perdiera humedad. Se le agregó agua a la vermicomposta una vez por semana, el día martes de cada semana; al igual que en el periodo de clases. Se le agregaron 12 litros de agua por semana, sin realizar la medición de la humedad

debido a que las instalaciones del laboratorio de ingeniería ambiental se encontraban inhábiles.

Las mediciones de carbono, nitrógeno y fósforo no se realizaron durante el periodo vacacional, debido a que las instalaciones del Laboratorio de Ingeniería Ambiental se encontraban inhábiles.

4.8 TEMPORADA DE LLUVIAS Y FRÍO

Durante los meses octubre noviembre y diciembre se decidió cubrir el compostero con plástico negro. Esto con el fin de mantener la temperatura y la humedad más controlada, ya que las lluvias humedecían de más la vermicomposta y el frío invernal hacia que se mantuviera a una temperatura menor.

Ninguna de las dos condiciones es buena para un mejor proceso de vermicompostaje. Después de colocar los plásticos se observó que de esta forma se podía controlar más fácilmente las condiciones que el medio ambiente afecta, por lo que, se decidió dejar los plásticos aun cuando la temporada de frío y lluvias había terminado.



Imagen 22, "Pila compostadora cubierta con plástico negro"

CAPÍTULO V

PRUEBAS DE LABORATORIO

5.1 GENERALIDADES

Durante todo el proceso de vermicompostaje se le estuvieron realizando distintas pruebas a la vermicomposta, esto con el fin de obtener parámetros representativos que nos muestran diferentes características de esta.

Luego de haber realizado las diferentes pruebas, se analizaron los datos obtenidos para la toma de decisiones en cuanto si se seguiría realizando de la misma forma, cambiar, agregar, quitar; cada decisión según el parámetro medido y su continuación o mejora.

5.2 MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA VERMICOMPOSTA

La temperatura adecuada se desarrolla en los 22°C, (aunque se sabe que la lombriz roja californiana puede soportar rangos de temperatura entre los 4 y los 35°C). La pila compostadora debe contar con ventilación, y se deben evitar demasiadas entradas de nitrógeno. Es importante que a la pila compostadora se le provea de sombra, adicional a la tapadera de la propia pila compostadora.

Ventajas de mantener la vermicomposta con una temperatura optima de entre 18 y 26°C:

- Las Lombrices comen y se reproducen mejor entre 18-26 °C
- Pueden vivir entre 5-30 °C
- Más frío o más calor = Las lombrices son lentas y las lombricitas esperan a salir de los capullos.
- Demasiado frío o calor = Las lombrices mueren
- La relación de Carbono/Nitrógeno (C/N). Es el mayor determinante de la temperatura

(Ruiz Morales, 2011)

La medición de la temperatura a la vermicomposta se realizó dos veces por semana, los días martes y viernes de cada semana. Esta medición se realizó entre las

12:00 pm y la 1:30 pm de los días indicados. Esto con el propósito de tener una referencia que hiciera válida la comparación entre las temperaturas de una fecha y la otra para poder saber si la temperatura de la vermicomposta se encuentra en el rango óptimo para el desarrollo de las lombrices.

Las mediciones de la temperatura se realizaron conforme a los procedimientos establecidos en la NORMA MEXICANA NMX-AA-007-SCFI-2000. “ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA”, pero al ser esta una norma para determinación de temperatura en agua y no existir actualmente una norma para la determinación de la temperatura en residuos sólidos de esta categoría, se decidió basarse en la metodología de esta norma pero con unas adaptaciones, como se explica en el procedimiento a continuación.

Para la medición de la temperatura de la vermicomposta y tener una temperatura de referencia, se midió la temperatura ambiente en un tiempo no mayor a cinco minutos antes de la medición de la temperatura de la vermicomposta. Todas dichas mediciones se realizaron con un termómetro de mercurio.

- Se midió la temperatura ambiente a la sombra a un costado de la pila de vermicompostaje, dejando que el termómetro se estabilizara por 3 minutos.
- Se introdujo el termómetro de mercurio al centro de la vermicomposta introduciéndolo por lo menos 15 cm. Y se dejó estabilizar por 3 minutos
- Se limpió el termómetro de mercurio y se introdujo en el costado izquierdo de la vermicomposta a 5 cm. Del borde de la pila compostadora, se dejó estabilizar por tres minutos.
- Se limpió el termómetro de mercurio y se introdujo en el costado derecho de la vermicomposta a 5 cm. Del borde de la pila compostadora, se dejó estabilizar por tres minutos.
- Al final se limpió el termómetro y se volvió tomar la temperatura ambiente a la sombra a un costado de la pila de vermicompostaje, para verificar que sea correcta la medición. De observar un cambio mayor a 1°C se volvería a tomar las mediciones de la temperatura desde el inicio.



Imagen 23, "Toma de temperatura a la vermicomposta"

La Tabla 5 muestra las temperaturas observadas en los días que se realizaron las mediciones, para el promedio de las temperaturas se realizó un promedio ponderando, en el cual se le da un peso del 40% de la temperatura total promedio y a las orillas de la vermicomposta el otro 60 %. Se llegó a la ponderación de estos porcentajes después de la observación de que al centro, en el 40 % del área de la vermicomposta se tenía una misma temperatura y que al salir de esta área, en las orillas, la temperatura descendía. Como se puede observar en la Imagen 24.

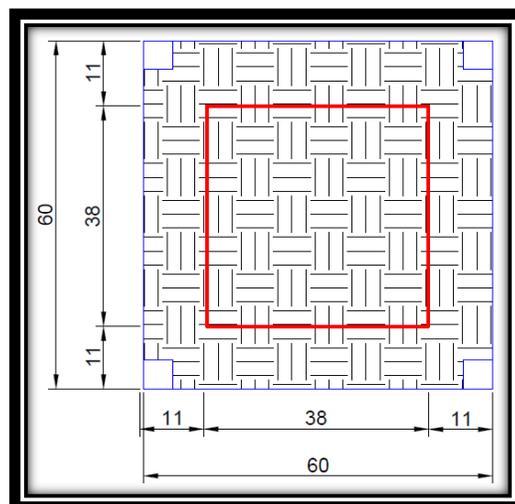
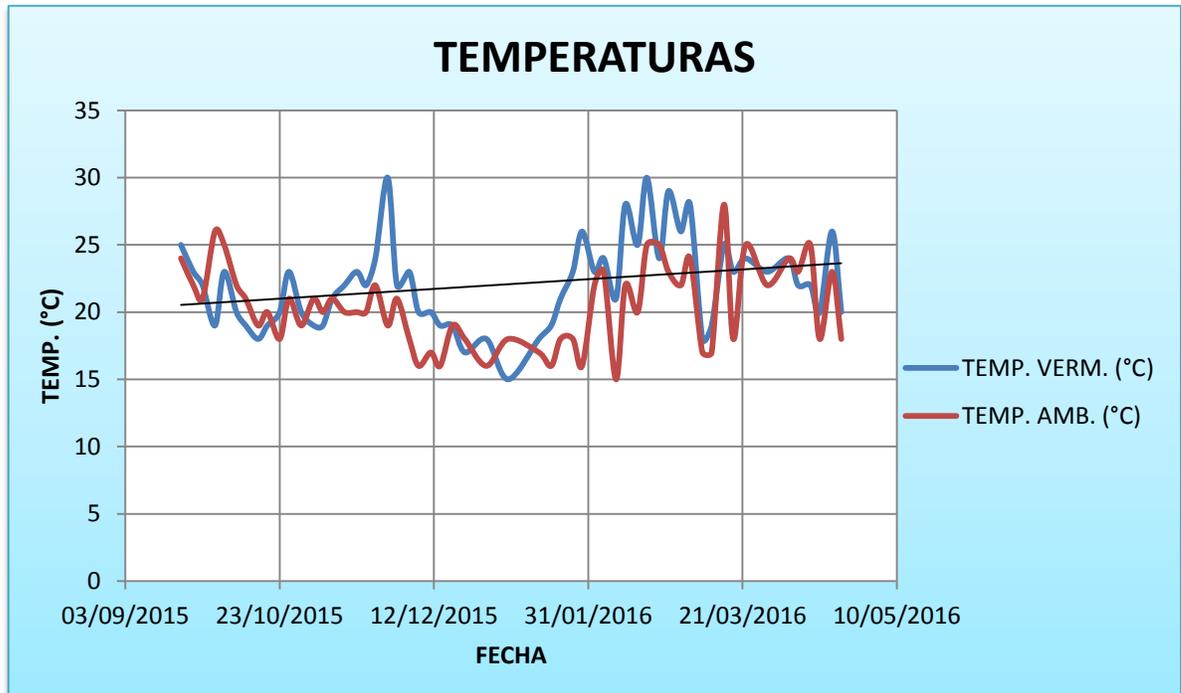


Imagen 24, "Distribución de la temperatura en la vermicomposta"

VERMICOMPOSTA						
FECHA	HORA	TEMP AMB (°C)	TEMPERATURA DE LA COMPOSTA (°C)			TEMP PROM (°C)
			CENTRO	ORILLA 1	ORILLA 2	
21/09/2015	12:30 p.m.	24	28	25	25	26.2
25/09/2015	01:30 p.m.	22	23	23	23	23.0
28/09/2015	12:48 p.m.	21	23	22	22	22.4
02/10/2015	12:45 p.m.	26	19	19	19	19.0
05/10/2015	01:34 p.m.	25	26	23	23	24.2
09/10/2015	01:15 p.m.	22	22	20	20	20.8
12/10/2015	01:05 p.m.	21	23	19	19	20.6
16/10/2015	01:13 p.m.	19	20	18	18	18.8
19/10/2015	12:30 p.m.	20	23	19	19	20.6
23/10/2015	12:08 p.m.	18	21	20	20	20.4
26/10/2015	01:05 p.m.	21	25	23	23	23.8
30/10/2015	11:22 a.m.	19	22	20	20	20.8
03/11/2015	01:15 p.m.	21	20	19	19	19.4
06/11/2015	12:50 p.m.	20	21	19	19	19.8
09/11/2015	12:25 p.m.	21	20	21	21	20.6
13/11/2015	12:20 p.m.	10	22	22	22	22.0
17/11/2015	12:30 p.m.	20	21	23	23	22.2
20/11/2015	12:30 p.m.	20	23	22	22	22.4
23/11/2015	12:45 p.m.	22	24	24	24	24.0
27/11/2015	12:59 p.m.	19	31	30	30	30.4
30/11/2015	11:50 a.m.	21	25	22	22	23.2
04/12/2015	12:00 p.m.	18	25	23	23	23.8
07/12/2015	12:25 p.m.	16	23	20	20	21.2
11/12/2015	12:15 p.m.	17	23	20	20	21.2
14/12/2015	01:05 p.m.	16	24	19	19	21.0
18/12/2015	01:10 p.m.	19	22	19	19	20.2
22/12/2015	12:30 p.m.	18	22	17	17	19.0
29/12/2015	12:45 p.m.	16	20	18	18	18.8
05/01/2016	12:20 p.m.	18	22	15	15	17.8
15/01/2016	12:00 p.m.	17	20	18	18	18.8
19/01/2016	11:50 a.m.	16	21	19	19	19.8
22/01/2016	12:15 p.m.	18	24	21	21	22.2
26/01/2016	12:25 p.m.	18	24	23	23	23.4
29/01/2016	12:10 p.m.	16	27	26	26	26.4
02/02/2016	11:45 a.m.	22	28	23	23	25.0
05/02/2016	12:00 p.m.	23	33	24	24	27.6
09/02/2016	12:30 p.m.	15	25	21	21	22.6
12/02/2016	12:15 p.m.	22	32	28	28	29.6
16/02/2016	12:20 p.m.	20	30	25	25	27.0
19/02/2016	12:05 p.m.	25	40	30	30	34.0
23/02/2016	12:20 p.m.	25	30	24	24	26.4
26/02/2016	12:00 p.m.	23	38	29	29	32.6
01/03/2016	12:15 p.m.	22	35	26	26	29.6
04/03/2016	12:05 p.m.	24	33	28	28	30.0
08/03/2016	12:25 p.m.	17	25	18	18	20.8
11/03/2016	11:55 a.m.	17	27	19	19	22.2
15/03/2016	12:30 p.m.	28	31	25	25	27.4
18/03/2016	12:15 p.m.	18	29	23	23	25.4
22/03/2016	12:20 p.m.	25	28	24	24	25.6
29/03/2016	12:00 p.m.	22	27	23	23	24.6
05/04/2016	11:40 a.m.	24	29	24	24	26.0
08/04/2016	12:10 p.m.	23	30	22	22	25.2
12/04/2016	12:30 p.m.	25	25	22	22	23.2
15/04/2016	12:00 p.m.	18	25	20	20	22.0
19/04/2016	12:15 p.m.	23	28	26	26	26.8
22/04/2016	12:10 p.m.	18	25	20	20	22.0

Tabla 5, "Temperaturas registradas"

En la Gráfica 3 se puede observar en el eje horizontal la fecha de las mediciones de las temperaturas y en el eje vertical las temperaturas promedio para esas fechas.



Gráfica 3, "Temperaturas registradas"

Como se puede observar en la Gráfica 3, la temperatura se mantuvo aproximadamente alrededor de los 23 °C, con un descenso de la temperatura durante la época en la que se registraron temperaturas ambientes más bajas (diciembre y enero).

En la Gráfica 3, se observa la comparación de la temperatura ambiente con una línea roja y la temperatura dentro de la vermicomposta con una línea azul; lo mejor para el proceso de vermicompostaje son las temperaturas altas, pero para el desarrollo de las lombrices es una temperatura templada, por lo que se mantuvo en una temperatura templada, apta para el proceso de degradación de los residuos y el desarrollo de las lombrices.

A pesar de que se colocó un plástico negro alrededor de todo el compostero para mantener la temperatura y humedad en temporada de frío la vermicomposta así como su proceso se ve afectada, estas afecciones son:

- Más lenta reproducción de lombrices
- Baja la eficiencia de producción de humus de lombriz

5.3 MEDICIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA VERMICOMPOSTA Y AGREGADO DE AGUA

Una humedad de alrededor del 65% al 80% es la ideal en la elaboración de vermicomposta. Arriba de este rango, se considera una humedad excesiva que resulta en el desarrollo de condiciones anaeróbicas.

Ventajas de mantener una humedad óptima entre 65-80%

- Los microorganismos viven en el agua
- Las lombrices pueden respirar
- Las lombricitas salen de los capullos
- Las entradas afectan a la humedad

(Ruiz Morales, 2011)

La determinación del porcentaje de humedad presente en la vermicomposta se realizó una vez a la semana, los días viernes de cada semana en un horario entre las 11:00 y 12:00 pm.

A continuación, se realizaron los cálculos necesarios para la determinación de la cantidad de humedad, y con dichos resultados se procedió a determinar la cantidad de agua necesaria que debía de introducirse en la vermicomposta para estar dentro del rango de humedad óptima.

Para la determinación del porcentaje de humedad presente en la vermicomposta se basó en la NORMA MEXICANA NMX-AA-16-1984. “PROTECCIÓN AL AMBIENTE - CONTAMINACIÓN DEL SUELO – RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES - DETERMINACIÓN DE HUMEDAD”.

- Lo primero que se realizó fue la obtención de un recipiente de aluminio con tapa para la realización de la prueba de determinación de humedad.
- A continuación se prosiguió a poner en peso constante dicho molde con su tapa, esto por medio de la utilización de un horno de secado, el cual se precalentó hasta los 120°C y luego se colocó el molde y su tapa por separado durante 30 min a 120°C. A partir de este paso el molde y su tapa se manejaron con pinzas estériles para no agregar humedad por medio de las manos.
- Se dejó enfriar el molde y su tapa dentro del horno de secado hasta que alcanzó una temperatura ambiente, luego se colocaron dentro de un desecador por 30 min. Mínimo.
- Luego se pesó únicamente el molde sin la tapa, en una balanza digital analítica con sensibilidad de 0.0001 gr, se dejó que se estabilice y se tomó este primer peso como peso del molde o tara. Para establecer que el molde se encontraba a peso constante después de la primera medición se deja reposar por un mínimo de 5 min en el desecador y se vuelve a pesar en la balanza analítica, se deja estabilizar y este segundo peso no debe de variar del primer peso en menos de 0.5 mg.
- Se realizó la obtención de una muestra representativa de la vermicomposta, para lo cual se obtuvo una cantidad de entre 20 +/- 10 grs. y se colocó el molde en la balanza (paso anterior) y ahí se vierten los 20 +/- 10 grs. De muestra, se dejó que se estabilice y se tomó este segundo peso como peso húmedo de la muestra+molde. Para efectos de los cálculos necesarios posteriormente, al peso húmedo de la muestra+molde se le resta el peso del molde y este peso se registró como G.
- A continuación con el horno de secado, previamente calentado a 120°C, se colocó el molde con la muestra en el horno y la tapa, sin colocarle la tapa al molde por un tiempo de 120 min a una temperatura de 120°C.
- Después de transcurridos los 120 min., se cerró el molde con la muestra con su tapa y se dejó enfriar hasta una temperatura ambiente dentro del horno de secado.

- Ya que se encuentre a una temperatura ambiente se colocó el molde cerrado dentro de un desecador por lo menos por 30 min.
- A continuación se le quitó la tapa al molde y se colocó sobre la balanza digital de precisión, se dejó estabilizar y se tomó este tercer peso como peso seco muestra+molde. Para efectos de los cálculos necesarios posteriormente al peso seco muestra+molde se le restó el peso del molde y este resultado se registró como G1.
- La diferencia máxima permisible entre determinaciones efectuadas por duplicado no debe ser mayor al 1% en caso contrario se recomienda repetir la determinación.

Para finalizar, se realizaron algunas operaciones para determinar el porcentaje de humedad de la vermicomposta por medio de la utilización de la siguiente fórmula.

$$H(\%) = \frac{G - G1}{G} \times 100$$

Dónde:

H= humedad en %

G= peso húmedo de la muestra en gr.

G1= peso seco de la muestra en gr.

En la Tabla 6 se muestran los pesos observados, así como el porcentaje de humedad que se mostró en cada fecha que se realizó la medición:

VERMICOMPOSTA						
FECHA	HORA	PESO MOLDE (GRS)	PESO HÚMEDO (GRS)	PESO SECO (GRS)	% DE HUMEDAD	OBSERVACIONES
16/10/2015	11:30 a. m.	30.34	50.46	36.66	68.59	HUMEDAD OPTIMA
23/10/2015	12:00 p. m.	30.34	58.99	38.62	71.10	HUMEDAD OPTIMA
30/10/2015	11:10 a. m.	30.34	66.02	48.33	49.58	FALTA DE HUMEDAD
06/11/2015	11:45 a. m.	30.33	53.1	37.35	69.17	HUMEDAD OPTIMA
12/11/2015	11:30 a. m.	30.33	57.84	39.47	66.78	HUMEDAD OPTIMA
20/11/2015	11:30 a. m.	30.33	74.18	49.31	56.72	FALTA DE HUMEDAD
27/11/2015	11:45 a. m.	30.33	66.34	44.97	59.34	FALTA DE HUMEDAD
04/12/2015	12:00 p. m.	30.33	58.67	38.81	70.08	HUMEDAD OPTIMA
10/12/2015	10:45 a. m.	30.33	63.23	41.59	65.78	HUMEDAD OPTIMA
18/12/2015	12:00 p. m.	30.30	67.74	43.12	65.76	HUMEDAD OPTIMA
15/01/2016	11:30 a. m.	30.30	58.97	38.18	72.51	HUMEDAD OPTIMA
22/01/2016	11:55 a. m.	30.33	52.28	36.74	70.80	HUMEDAD OPTIMA
29/01/2016	11:15 a. m.	30.33	59.36	42.43	58.32	FALTA DE HUMEDAD
05/02/2016	11:45 a. m.	30.33	53.07	37.89	66.75	HUMEDAD OPTIMA
12/02/2016	11:35 a. m.	30.33	55.92	38.68	67.37	HUMEDAD OPTIMA
19/02/2016	11:25 a. m.	30.33	43.06	34.05	70.78	HUMEDAD OPTIMA
26/02/2016	11:00 a. m.	30.33	46.56	36.76	60.38	HUMEDAD OPTIMA
04/03/2016	11:10 a. m.	30.33	45.09	34.36	72.70	HUMEDAD OPTIMA
11/03/2016	11:50 a. m.	30.33	44.87	34.86	68.84	HUMEDAD OPTIMA
18/03/2016	11:30 a. m.	30.33	45.42	35	69.05	HUMEDAD OPTIMA
15/04/2016	11:50 a. m.	30.33	49.25	36.19	69.03	HUMEDAD OPTIMA
22/04/2016	11:10 a. m.	30.32	49.81	38.82	56.39	FALTA DE HUMEDAD

Tabla 6, "Determinación del porcentaje de humedad"

semana. Después de agregar el agua a la vermicomposta se realizó un volteo del material para que la humedad se homogenizara en toda la vermicomposta

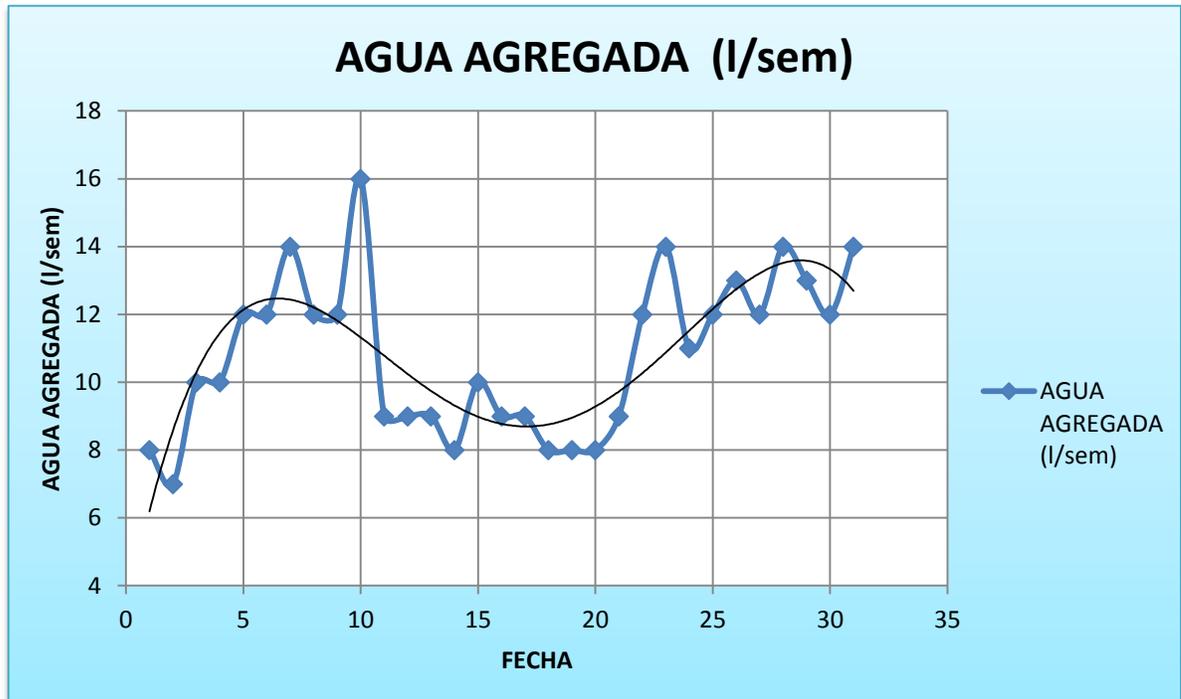
A continuación se muestra la Tabla 7 en la que se observa el agua agregada a la vermicomposta:

VERMICOMPOSTA			
SEMANA No.	AGUA AGREGADA (l/sem)	SEMANA No.	AGUA AGREGADA (l/sem)
1	8	17	9
2	7	18	8
3	10	19	8
4	10	20	8
5	12	21	9
6	12	22	12
7	14	23	14
8	12	24	11
9	12	25	12
10	16	26	13
11	9	27	12
12	9	28	14
13	9	29	13
14	8	30	12
15	10	31	14
16	9		

Tabla 7, "Agua agregada semanalmente"

El agua que se agregó a la vermicomposta se encontraba a temperatura ambiente promedio, la temperatura del agua es un factor que incluye para aumentar o disminuir la temperatura de la vermicomposta, según sea el caso. Esta es una forma de controlar la temperatura de la vermicomposta, si se encuentra muy alta se puede disminuir agregando agua fría; no se recomienda agregar agua caliente debido a que podría provocar un daño a las lombrices que se encuentren en la vermicomposta.

A continuación, se muestra la Gráfica 5 en la cual se observa la cantidad de agua agregada a la vermicomposta por cada semana.



Gráfica 5, "Agua agregada semanalmente"

En la Gráfica 5 se puede observar la cantidad de agua que se agregó a la vermicomposta para que se mantuviera el porcentaje de humedad adecuado. Se puede notar que durante la época de lluvias y frío, que es cuando el ambiente está más húmedo y se registran temperaturas más bajas, solo se necesitaron aproximadamente 8 litros de agua semanalmente.

Mientras que en el resto de las fechas se necesitó un aproximado de 12 litros por semana para mantener el porcentaje de humedad adecuado, con lo cual se concluyó que el control de las condiciones ambientales como lo son la temperatura, humedad y viento son muy importantes para el óptimo proceso de vermicompostaje.

5.4 MEDICIÓN DEL pH DE LA VERMICOMPOSTA

La vermicomposta necesita un pH con un valor de 7 o cercano a este para que la vermicomposta se encuentre en un estado neutro con respecto a la acidez y alcalinidad, para que las lombrices rojas californianas puedan vivir en las mejores condiciones ya que un pH demasiado bajo hace que estas mueran, y un pH demasiado alto hace que estas no se reproduzcan ni realicen sus procesos necesarios para la degradación de la materia orgánica.

Las soluciones con pH mayor a 7 se consideran alcalinas o básicas y las soluciones con pH menor a 7 se consideran ácidas. Los elementos ácidos en el compostaje son las hojas de arbustos de tierras ácidas, las agujas de pino, las cortezas de cítricos; ante estos restos las bacterias y lombrices apenas actúan y son los hongos los que más intervienen.

Para la determinación del potencial hidrógeno se realizó el procedimiento conforme lo marca la NORMA MEXICANA NMX-AA-25-1984. “PROTECCIÓN AL AMBIENTE-CONTAMINACIÓN DEL SUELO-RESIDUOS SÓLIDOS-DETERMINACIÓN DEL pH-MÉTODO POTENCIOMÉTRICO”.

- Lo primero que se realizó fue la obtención de una muestra representativa de la vermicomposta.
- Esta muestra se pesó en una balanza analítica para obtener solo 10 grs. de muestra.
- Los 10 grs. de muestra se colocaron en un vaso de precipitados de 250 ml y se le agregaron 90 ml. de agua destilada.
- A continuación, se mezcló la muestra en el agua destilada por 10 min por medio de un agitador a una temperatura ambiente.
- Se dejó reposar la dilución por 30 min.
- Transcurridos los 30 min. Se sacó el electrodo del potenciómetro y se limpió con agua destilada, luego se introdujo en la dilución y se realizó la medición del potencial hidrógeno.
- Se tomó la lectura obtenida en la pantalla del potenciómetro y se registró como la medición del potencial hidrógeno de la fecha determinada.

- La diferencia máxima permisible en el resultado de pruebas efectuadas por duplicado no debe exceder de 0.1 unidades de pH, en caso contrario, repetir la determinación.

La medición del potencial hidrógeno de la vermicomposta se realizó un día a la semana, los días viernes. Para la medición del pH se preparó una dilución como se indica en la norma MX-AA-25-1984. El pH apropiado para un óptimo desarrollo de la lombriz roja californiana, así como de la degradación de los residuos sólidos orgánicos se encuentra cercano al estado neutro, con valor de 7, pero un rango apropiado se encuentra de 6 a 8 en la escala numérica de la medición de pH del 1 al 14.

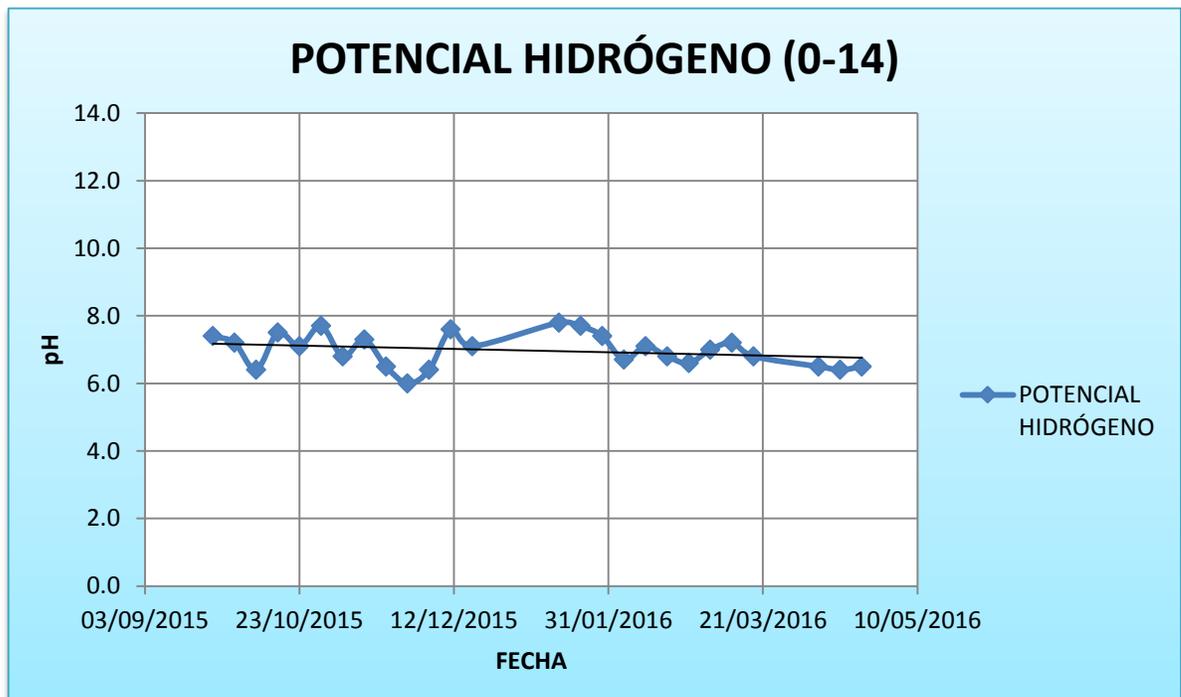
En la Tabla 8 se pueden observar los valores medidos del pH en la vermicomposta y la fecha en que se realizaron dichas mediciones:

VERMICOMPOSTA			
FECHA	HORA	pH	OBSERVACIONES
25/09/2015	11:50 a.m.	7.4	CORRECTO
02/10/2015	11:15 a.m.	7.2	CORRECTO
09/10/2015	11:30 a.m.	6.4	CORRECTO
16/10/2015	11:55 a.m.	7.5	CORRECTO
23/10/2015	11:55 a.m.	7.1	CORRECTO
30/10/2015	11:50 a.m.	7.7	CORRECTO
06/11/2015	11:40 a.m.	6.8	CORRECTO
13/11/2015	11:50 a.m.	7.3	CORRECTO
20/11/2015	11:15 a.m.	6.5	CORRECTO
27/11/2015	11:40 a.m.	6.0	CORRECTO
04/12/2015	11:10 a.m.	6.4	CORRECTO
11/12/2015	11:05 a.m.	7.6	CORRECTO
18/12/2015	12:00 p.m.	7.1	CORRECTO
15/01/2016	11:30 a.m.	7.8	CORRECTO
22/01/2016	11:10 a.m.	7.7	CORRECTO
29/01/2016	11:45 a.m.	7.4	CORRECTO
05/02/2016	11:15 a.m.	6.7	CORRECTO
12/02/2016	11:15 a.m.	7.1	CORRECTO
19/02/2016	12:00 p.m.	6.8	CORRECTO
26/02/2016	12:00 p.m.	6.6	CORRECTO
04/03/2016	11:50 a.m.	7.0	CORRECTO
11/03/2016	11:25 a.m.	7.2	CORRECTO
18/03/2016	11:10 a.m.	6.8	CORRECTO
08/04/2016	11:05 a.m.	6.5	CORRECTO
15/04/2016	11:40 a.m.	6.4	CORRECTO
22/04/2016	11:30 a.m.	6.5	CORRECTO

Tabla 8, "Determinación del pH"

La NMX-FF-119-SCFI-2007 nos indica que el pH de la vermicomposta se debe de encontrar dentro del rango de 5.5 a 8.5, por lo que todo momento del proceso de vermicompostaje se encontró dentro del rango apropiado.

A continuación se presenta la Gráfica 6, la cual nos muestra los valores del potencial hidrogeno (pH) que presentó la vermicomposta contra la fecha de su medición.



Gráfica 6, "pH en la vermicomposta"

Como se puede observar en la Gráfica 6 el pH de la vermicomposta se mantuvo aproximadamente en un valor de 7 (neutro), con un ligero descenso conforme avanzo el proceso, esto debido a que mientras el humus de lombriz se vuelve más maduro puede descender ligeramente su pH, pero en todo momento se mantuvo en un rango adecuado.

5.5 PREPARACIÓN DE LA DISOLUCIÓN PARA LAS PRUEBAS DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO), NITRÓGENO Y FÓSFORO

En las pruebas en las que se determina la Demanda Química de Oxígeno, la cantidad de Nitrógeno y la cantidad de Fósforo fue necesario realizar una disolución del material de la vermicomposta en agua destilada. Esta disolución se preparó mezclando 1 gramo de muestra en 100 ml de agua destilada.

Estas pruebas están basadas en Normas Mexicanas para el análisis de agua, por lo que fue necesario realizar dicha disolución para poder analizar las muestras de residuos sólidos.

La disolución se realizó como se menciona a continuación:

- Se obtuvo una muestra representativa de la vermicomposta.
- Se pesó un gramo de muestra en la balanza analítica con precisión de 0.1 mg.
- Este gramo de muestra se colocó en un vaso de precipitados.
- Al vaso de precipitados con la muestra se le agregaron 100 ml de agua destilada y se mezcló por medio de un termo-agitador por 1 minuto.
- Se realizó la prueba correspondiente, y por lo tanto su procedimiento según sea el caso.

5.6 MEDICIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Este parámetro es muy importante dentro de las pruebas de calidad de la vermicomposta, ya que, nos permitió medir principalmente el porcentaje de fósforo, nitrógeno. Esto por medio de la comparación de los resultados de nitrógeno y fósforo contra el resultado de DQO.

En esta prueba se obtiene la cantidad total de materia orgánica e inorgánica en la muestra presente, por lo que esta medición se tomó con un 100% de material que contiene la vermicomposta y así se pudo obtener el porcentaje de nitrógeno y fósforo por medio de la comparación de los valores de estas.

Por lo que esta prueba es solo una base, junto con la determinación del nitrógeno y fósforo total presente en la vermicomposta. El porcentaje de nitrógeno se utilizó para determinar la relación carbono/nitrógeno, y para determinación del porcentaje de fósforo.

Para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno se realizó el procedimiento conforme lo marca la NORMA MEXICANA NMX-AA-030/2-SCFI-2011 “ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA - PARTE 2 - DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO – MÉTODO DE TUBO SELLADO A PEQUEÑA ESCALA”.

Para iniciar se preparó un blanco el cual nos sirve como referencia “cero” con la que se comparó nuestra muestra, este blanco se realizó exactamente igual al procedimiento de la muestra solo que en vez de añadir la muestra se utilizó únicamente agua destilada en las mismas cantidades.

- En un tubo de ensaye limpio y dentro de una campana de extracción se colocaron 3.5 ml de ácido sulfúrico – sulfato de plata.
- Luego se colocaron 1.5 ml. de “Solución De Digestión B” para altas concentraciones.
- Se cerró el tubo de ensaye y se mezcló cuidadosamente.
- A continuación, se le agregaron 2.5 ml. de la muestra.
- Se cerró correctamente el tubo de ensaye y se mezcló cuidadosamente.
- Se colocó el tubo de ensaye en el reactor DR 500, previamente calentado a 150°C, y se mantuvo a esa temperatura por 120 minutos.
- Transcurridos los 120 minutos en la placa de calentamiento se deja enfriar hasta alcanzar una temperatura ambiente.
- Ya que se encontró a una temperatura ambiente se limpia cuidadosamente los tubos de ensaye y se coloca el blanco dentro del espectrofotómetro para calibrar el cero.
- Se limpian cuidadosamente el tubo con la muestra y se coloca en el espectrofotómetro y se toma a medición.

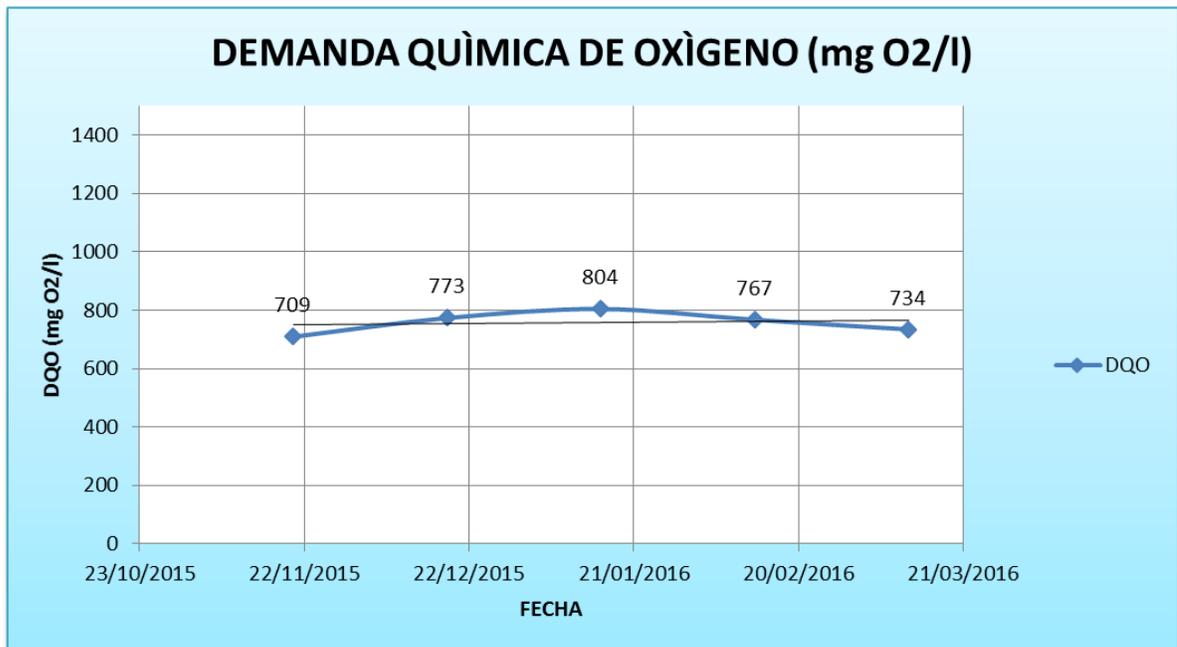
Esta prueba se realizó una vez cada 4 semanas el día viernes, junto con las pruebas de determinación de fósforo y nitrógeno total para así poder realizar las comparaciones correctas.

Los datos obtenidos de la prueba de determinación de DQO en la vermicomposta se muestran en la Tabla 9.

VERMICOMPOSTA			
FECHA	HORA	VALOR OBTENIDO (mg/l)	CONCENTRACIÓN DE LA DILUCIÓN
20/11/2015	11:00 a.m.	709	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
18/12/2015	11:10 a.m.	773	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
15/01/2016	11:05 a.m.	804	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
12/02/2016	11:30 a.m.	767	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
11/03/2016	11:15 a.m.	734	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada

Tabla 9, "Determinación de la demanda química de oxígeno"

Posteriormente, se muestra la Gráfica 7 en la cual la fecha de medición se encuentra en el eje horizontal y en el eje vertical el valor obtenido de DQO en (mg O₂/l).



Gráfica 7, "Demanda Química de Oxígeno en la vermicomposta"

En la Gráfica 7 se puede observar que no hubo grandes variaciones con respecto al valor obtenido de las mediciones de DQO, y que aproximadamente se mantuvo en 750 mg O₂/l.

5.7 MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE NITRÓGENO TOTAL DE LA VERMICOMPOSTA

La medición de la cantidad de nitrógeno en la vermicomposta se realizó para poder realizar la comparativa con la cantidad de carbono que contiene esta misma. Esto con el fin de obtener la relación carbono/nitrógeno la cual nos da un valor muy representativo sobre la calidad nutricional de la vermicomposta. Por lo cual no se puede dar un valor medio óptimo de la cantidad de nitrógeno en la vermicomposta hasta realizar la relación carbono/nitrógeno.

La NMX-FF-109-SCFI-2007 nos marca que el porcentaje de nitrógeno de encontrarse dentro del rango de 1 a 4 %.

Las mediciones de la cantidad de nitrógenos se realizaron cada 4 semanas, los días viernes. A la par de la determinación de DQO.

Y a continuación se muestra la Tabla 10, en donde se pueden observar los resultados de esta prueba:

VERMICOMPOSTA				
FECHA	HORA	VALOR OBTENIDO (mg/l)	CONCENTRACIÓN DE LA DILUCIÓN	% NITRÓGENO
20/11/2015	11:10 a.m.	14	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada	1.97
18/12/2015	11:30 a.m.	13	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada	1.68
15/01/2016	11:45 a.m.	15	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada	1.87
12/02/2016	11:15 a.m.	14	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada	1.83
11/03/2016	11:20 a.m.	14	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada	1.91

Tabla 10, "Determinación del porcentaje de Nitrógeno total"

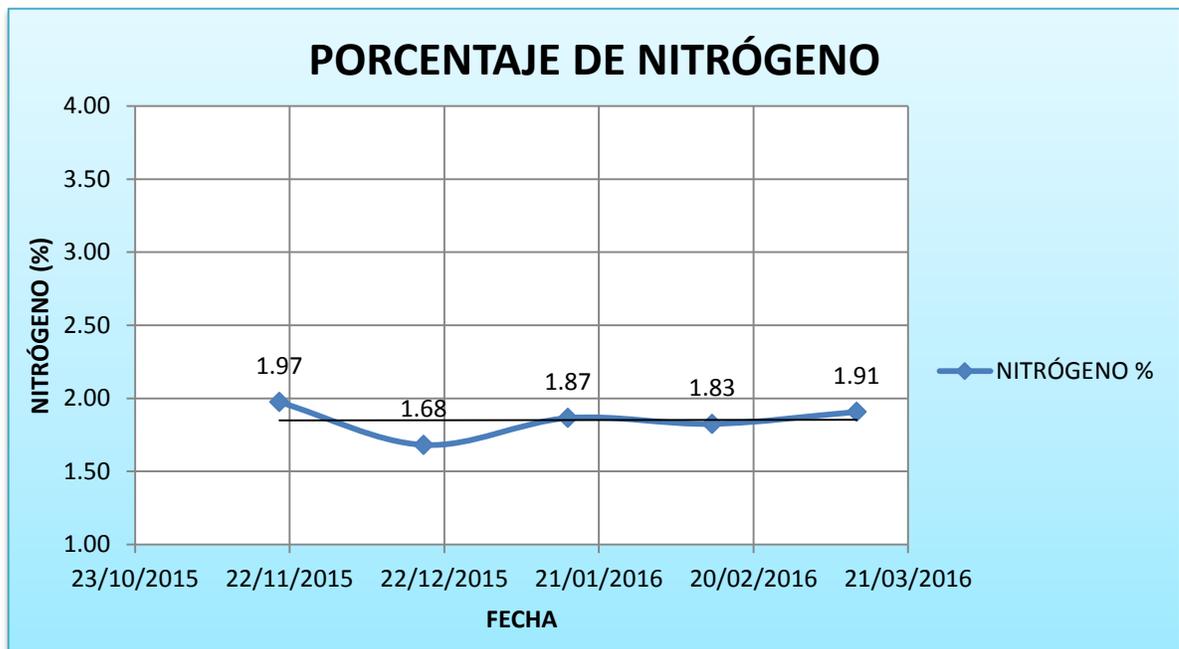
Para la determinación del porcentaje de nitrógeno presente en la vermicomposta, se tomó como un 100 de materia orgánica e inorgánica el valor de DQO, y se realizó una comparación del valor obtenido de nitrógeno contra el valor obtenido de DQO.

Para que esta relación pudiera ser correcta la concentración de la dilución debió ser la misma para la preparación de ambas pruebas, se tomó la misma muestra, se realizaron las pruebas el mismo día y bajo las mismas condiciones.

Entonces, el porcentaje de nitrógeno se calculó por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ NITRÓGENO TOTAL} = \frac{\text{VALOR OBTENIDO DE NITRÓGENO } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{\text{VALOR OBTENIDO DQO } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)} \times 100$$

En la Gráfica 8 se muestra el valor del porcentaje de nitrógeno presente en la vermicomposta así como la fecha en la que se determinó dicho parámetro.



Gráfica 8, "Porcentaje de nitrógeno en la vermicomposta"

Como se observa en la Gráfica 8 el porcentaje de nitrógeno se mantuvo en todo momento dentro del rango de 1 a 4 % marcado por la norma, se tuvo una tendencia al valor aproximado de 1.80 %

5.8 PESO CONSTANTE

Un crisol o un recipiente que se encuentra a peso constante, implica que se le han removido la humedad y todas las partículas de materia que pudiera contener dicho crisol. Este procedimiento se llevó a cabo conforme la norma mexicana NMX-AA-034-SCFI-2001 “ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS Y SALES DISUELTAS EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA”. En su apartado 9.1

Un crisol a peso constante es necesario para la determinación de sólidos fijos por medio de la calcinación, para esto se realizó el siguiente procedimiento:

- Se lavó con agua y jabón l crisol y se dejó secar a temperatura ambiente.
- Posteriormente se introdujo dentro de una mufla, previamente calentada a 550°C +/-50°C, durante 30 minutos. A partir de este paso el crisol se manejó con pinzas estériles para no agregar humedad por medio de las manos y otros objetos.
- Pasado el lapso se dejó enfriar, hasta alcanzar una temperatura ambiente.
- A continuación se colocó dentro de un desecador durante 30 minutos mínimo.
- Pasado este tiempo se colocó en la balanza analítica con aproximación de 0.1 mg. Y se dejó estabilizar por 5 min. Se registra este peso como peso 1
- Se colocó el crisol en el desecador por 5 min, luego se colocó en la balanza analítica y se dejó estabilizar por 5 min. Se tomó este peso como peso 2.
- Repetir el ciclo hasta alcanzar el peso constante, el cual se obtendrá hasta que no haya una variación en el peso mayor a 0,5 mg. Registrar como peso G.

Para finalizar se compara el peso 1 con el peso 2 y no debe de existir una diferencia mayor a 0.5 mg. Entre estos pesos. De ser mayor a 0.5 mg. La diferencia se repite todo el procedimiento las veces que sea necesario.

$$\text{Peso 1} - \text{Peso 2} \leq 0.5 \text{ mg.}$$

5.9 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CARBONO ORGÁNICO

Al igual que la medición de la cantidad de nitrógeno presente en la vermicomposta, la medición de la cantidad de carbono presente en la vermicomposta se realizó para obtener la relación carbono/nitrógeno. Por lo cual no se puede dar un valor medio óptimo de la cantidad de carbono en la vermicomposta hasta realizar la relación carbono/nitrógeno.

Las determinaciones del porcentaje de carbono se realizaron una vez cada 4 semanas, junto con la prueba de determinación de nitrógeno y DQO.

Para la determinación del porcentaje de carbono presente en la vermicomposta, se siguió el procedimiento que marca la NMX-FF-109-SCFI-2007 “HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA”.

Para la determinación de este parámetro se tuvieron que realizar varias pruebas anteriormente, como lo fueron secado del material (determinación del porcentaje de humedad) y determinación de cenizas, así como los correspondientes cálculos necesarios.

- Lo primero que se realizó fue obtener el peso del crisol, previamente puesto a peso constate.
- Luego del material proveniente de la prueba de determinación de humedad, material seco que se mantuvo en un desecador. Se tomó la cantidad de muestra necesaria para colocarla en el crisol, de 1 a 2 gr.
- El crisol se colocó en la balanza analítica con precisión de 0.001 gr, y se le añadió la muestra, se registra la cantidad de muestra. La cantidad de muestra es igual al peso del crisol+muestra – el peso del crisol.
- Se colocó el crisol con la muestra dentro de una mufla, previamente calentada a 550°C +/- 50°C. durante 120 minutos.
- Transcurrido ese tiempo el crisol se deja enfriar hasta que se encuentre por debajo de los 40°C, para después colocarlo dentro de un desecador por lo menos por 30 minutos.
- Después se pesa el crisol y se registra este peso como peso del crisol con cenizas.
- Se realizan los cálculos necesarios.

Para determinar el % de cenizas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(PCC - PC)}{MUESTRA} \times 100$$

Dónde:

PCC = peso del crisol con cenizas

PC= peso del crisol

MUESTRA= cantidad de muestra en gr.

Como no lo describe la norma el porcentaje de cenizas es la cantidad de materia orgánica que contiene la vermicomposta.

Para la determinación del carbono orgánico, solo es necesario realizar una operación, las cual esta dad por la siguiente ecuación:

$$\% CO = \frac{\% M.O.}{1.724}$$

Dónde:

%C.O.= porcentaje de carbono orgánico.

%M.O.= porcentaje de materia orgánica, calculad a partir del porcentaje de cenizas.

1.724= es el factor VANBENMELLEN

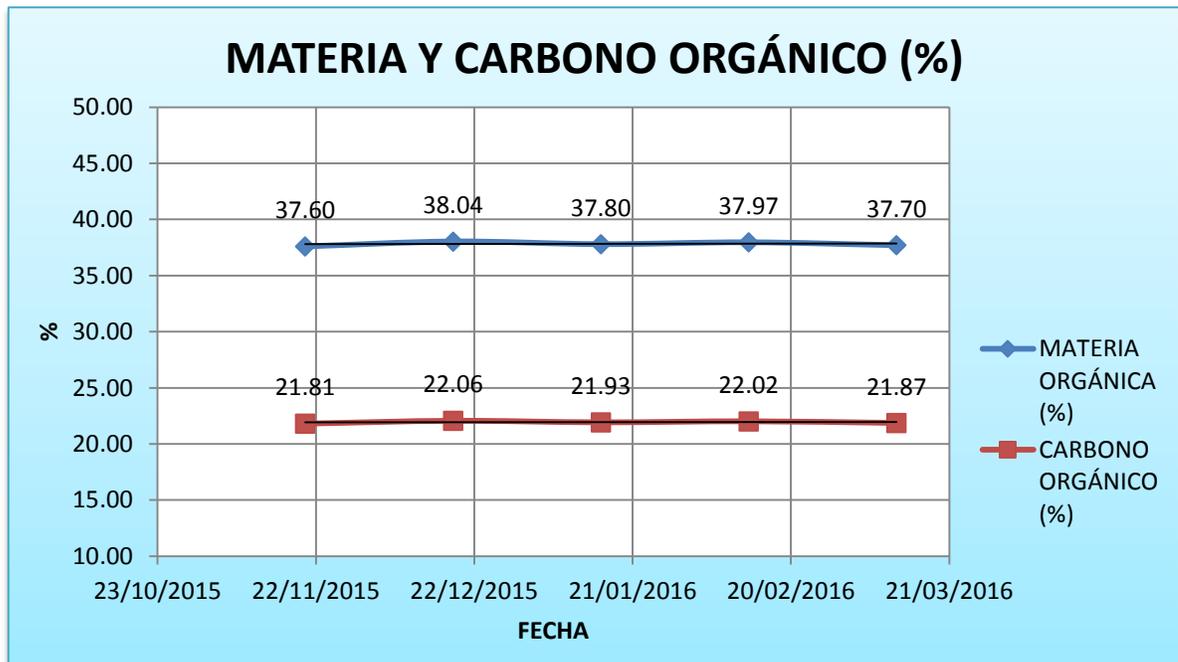
En la Tabla 11, que se muestra a continuación se pueden observar los resultados del porcentaje de materia orgánica y del porcentaje de carbono orgánico obtenidos:

VERMICOMPOSTA						
FECHA	HORA	PESO CRISOL (gr)	PESO CRISOL + MUESTRA (gr)	PESO CRISOL + CENIZAS (gr)	MATERIA ORGÁNICA (%)	CARBONO ORGÁNICO (%)
20/11/2015	11:00 a.m.	37.3057	38.2209	37.5971	37.60	21.81
18/12/2015	11:15 a.m.	37.3044	39.1740	38.0383	38.04	22.06
15/01/2016	11:40 a.m.	37.3042	38.7106	37.7999	37.80	21.93
12/02/2016	11:20 a.m.	37.3039	39.2589	37.9652	37.97	22.02
11/03/2016	11:30 a.m.	37.3042	38.6249	37.7036	37.70	21.87

Tabla 11, "Determinación de carbono orgánico"

La norma nos marca como parámetros que la materia orgánica se debe encontrar entre el 20 y 50 % por lo que en todo momento se encontró dentro del rango requerido.

En la Gráfica 9 se observan los valores de la materia orgánica y el carbono orgánico en el eje vertical y la fecha de su determinación en el eje horizontal.



Gráfica 9, "Materia y carbono orgánico en la vermicomposta"

En la Gráfica 9, se observa cómo se tuvo una tendencia al 38% de materia orgánica y 22 % de carbono orgánico. Permaneciendo dentro de los rangos de la norma.

5.10 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE FÓSFORO DE LA COMPOSTA

El fósforo es uno de los nutrientes para el crecimiento y producción de plantas y vegetales más importantes, por lo que, la medición y control de la cantidad de fósforo presente en la vermicomposta es muy importante.

El porcentaje de fósforo presente en la vermicomposta no se encuentra normado, pero se sabe que un correcto porcentaje de fósforo para un abono orgánico del tipo de la vermicomposta se encuentra dentro del rango de 0.45 a 1.80 %.

Para la determinación de la cantidad de nitrógeno total de la vermicomposta, se realizó el procedimiento conforme al “Manual de procedimientos para el análisis del agua”.

Se utilizó el procedimiento para la determinación de Fósforo total por el método Molybdovanadate Method with Acid Persulfate Digestion, HR (1.0 to 100.0 mg/L PO_4^{3-}).

Para iniciar se preparó un blanco el cual nos sirve como referencia “cero” con la que se comparó nuestra muestra, este blanco se realizó exactamente igual al procedimiento de la muestra solo que en vez de añadir la muestra se utilizó únicamente agua destilada en las mismas cantidades.

- Se precalienta el reactor DR 500 a una temperatura de 105°C.
- En un tubo de ensaye preparado para la de fosforo total, se agregaron 5 ml de la disolución de la muestra previamente preparada.
- Se agregó un sobre con persulfato para reactivo de potasio.
- Se tapó el tubo de ensaye y se agito para disolver.
- Se insertaron los tubos de ensaye en el reactor DR 500, previamente calentado a una temperatura de 150°C, por 30 minutos.
- Transcurridos los 30 minutos, se retiraron del reactor los tubos de ensaye y se dejaron enfriar; hasta alcanzar una temperatura ambiente, de entre 18-25°C.
- Se agregaron 2 ml. De hidróxido de sodio con 1.54 N.
- Se tapó el tubo de ensaye y se agito cuidadosamente.
- Se agregó 0.5 ml del reactivo Molybdovanadate. Se tapó el tubo de ensaye y se agito cuidadosamente.
- Se dejó reposar de 7 a 9 minutos, para que se realizara la reacción.

- Se limpian cuidadosamente los tubos de ensaye y se coloca el blanco dentro del espectrofotómetro para calibrar el cero.
- Se limpia cuidadosamente el tubo con la muestra y se coloca en el espectrofotómetro y se toma a medición.

Para la determinación del porcentaje de fósforo presente en la vermicomposta, se tomó como un 100 de materia orgánica e inorgánica el valor de DQO, y se realizó una comparación del valor obtenido de fosforo contra el valor obtenido de DQO.

Entonces, el porcentaje de fósforo se calculó por medio de la siguiente fórmula:

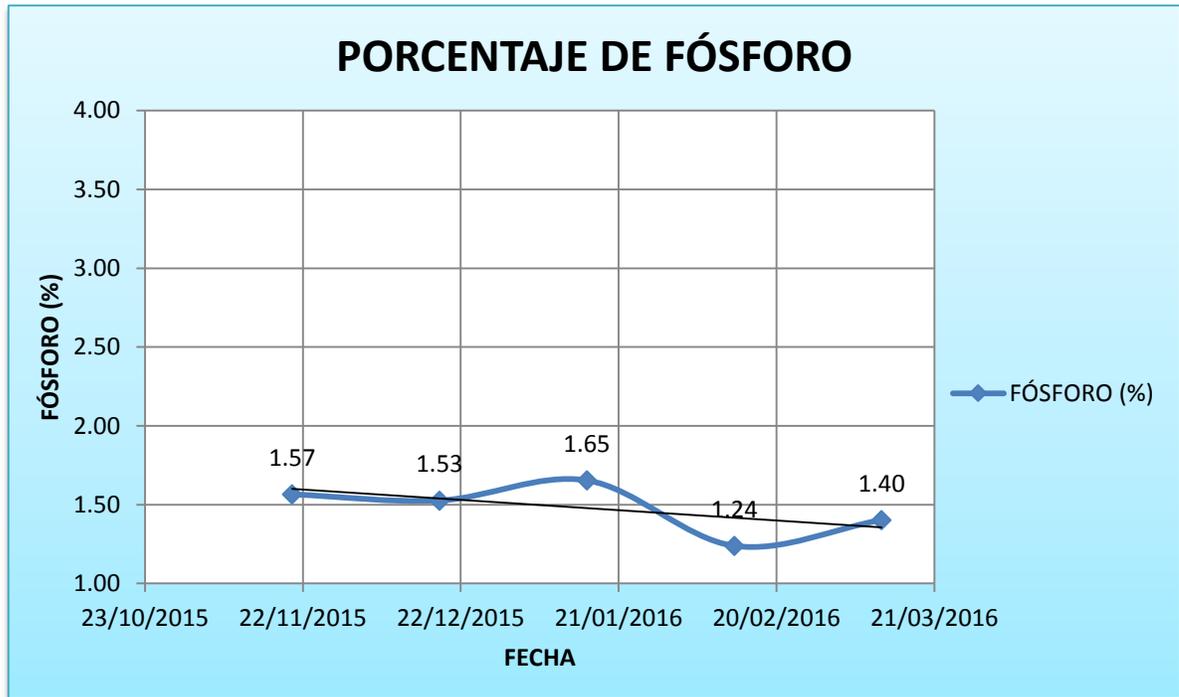
$$\% \text{ FÒSFORO} = \frac{\text{VALOR OBTENIDO DE FÒSFORO } \left(\frac{mg}{l}\right)}{\text{VALOR OBTENIDO DQO } \left(\frac{mg}{l}\right)} \times 100$$

Esta determinación se realizó una vez cada 4 semanas, el mismo día que se realizó la medición de la cantidad de nitrógeno, DQO y carbono presente en la vermicomposta. En la Tabla 12, se pueden observar los resultados de esta medición:

VERMICOMPOSTA				
FECHA	HORA	VALOR OBTENIDO (mg/l)	FÒSFORO (%)	CONCENTRACIÓN DE LA DILUCIÓN
20/11/2015	11:40 a.m.	11.1	1.57	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
18/12/2015	11:30 a.m.	11.8	1.53	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
15/01/2016	11:35 a.m.	13.3	1.65	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
12/02/2016	11:50 a.m.	9.5	1.24	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada
11/03/2016	11:30 a.m.	10.3	1.40	1 gr de muestra / 100 ml de agua destilada

Tabla 12, "Determinación del porcentaje de fosforo"

En la Gráfica 10, se observa el % de fósforo contra la fecha de su determinación.



Gráfica 10, "Porcentaje de fósforo en la vermicomposta"

Como se observa en la gráfica 10, el porcentaje de nitrógeno se encontró aproximadamente en el valor de 1.50 con un descenso conforme fue avanzando el proceso de vermicompostaje. Esto puede ser debido al tipo de residuos que se agregó, la cantidad de estos y a que en época de calor requiere más agua y esta afecta el porcentaje de fosforo presente.

5.11 RELACIÓN CARBONO/NITRÓGENO (C/N)

La relación carbono/nitrógeno que nos marca la NMX-FF-109-SCFI-2007 es que sea menor a 20. Los residuos animales suelen tener un alto contenido de nitrógeno, mientras que los residuos de poda son una fuente común de carbono.

La relación carbono/nitrógeno se calculó una vez cada cuatro semanas, teniendo los valores del porcentaje de nitrógeno y porcentaje de carbono.

Este procedimiento se llevó a cabo como lo marca la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 “HUMUS DE LOMBRIZ (LOMBRICOMPOSTA) - ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA”.

Teniendo los valores del porcentaje de nitrógeno y carbono previamente calculados, solo se determinó con la ecuación siguiente:

$$C/N = \frac{CO (\%)}{NT(\%)}$$

Dónde:

C/N= relación carbono/nitrógeno

CO (%)= porcentaje de carbono orgánico

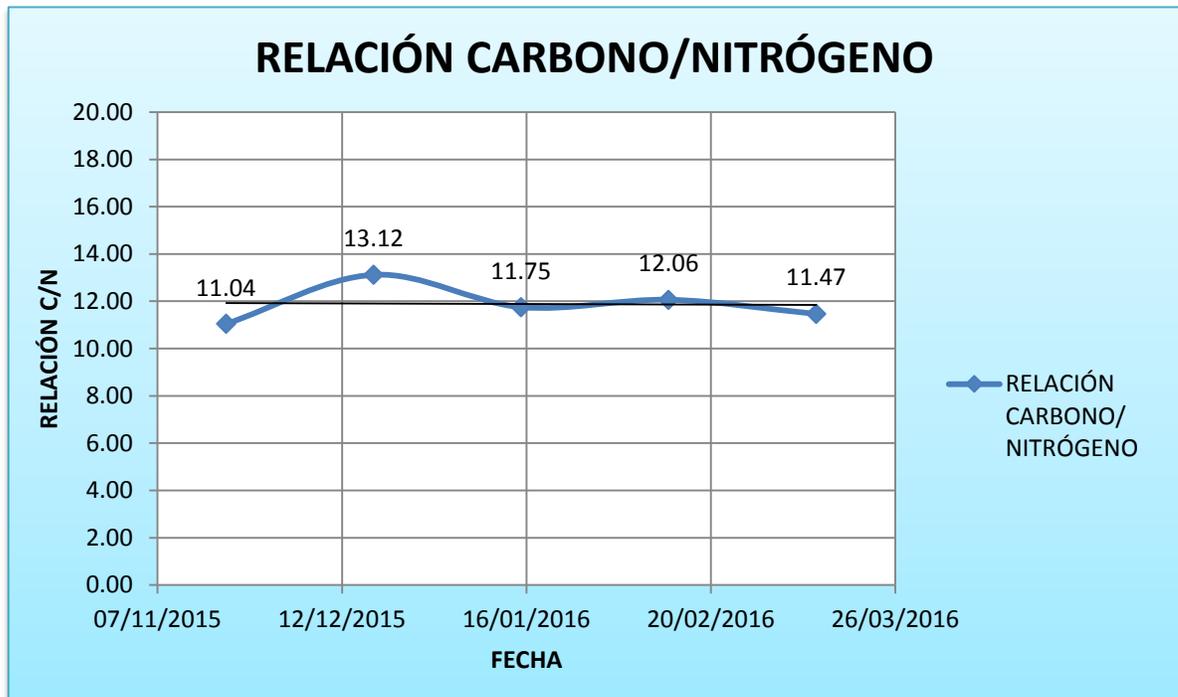
NT (%)= porcentaje de nitrógeno total

En la Tabla 13, se muestran los resultados obtenidos de los cálculos realizados para determinar la relación carbono nitrógeno.

VERMICOMPOSTA						
FECHA	DQO (mg/l)	MATERIA ORGÁNICA (%)	CARBONO (%)	NITRÓGENO (mg/l)	NITRÓGENO (%)	RELACIÓN C/N
20/11/2015	709	37.60	21.81	14	1.97	11.04
18/12/2015	773	38.04	22.06	13	1.68	13.12
15/01/2016	804	37.80	21.93	15	1.87	11.75
12/02/2016	767	37.97	22.02	14	1.83	12.06
11/03/2016	734	37.70	21.87	14	1.91	11.47

Tabla 13, "Determinación de la relación Carbono/Nitrógeno"

En la Gráfica 11 se observa que la relación carbono/nitrógeno se mantuvo aproximadamente constante en un valor de 12. Por lo que se encuentra dentro del rango que nos marca la norma.



Gráfica 11, "Relación carbono/nitrógeno en la vermicomposta"

CAPÍTULO VI

PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA ZONA GASTRONÓMICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA

6.1 GENERALIDADES

Para la determinación de la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se generan en la zona gastronómica de ciudad universitaria, y así poder saber la cantidad de residuos aprovechables para su uso en una vermicomposta, se decidió realizar una encuesta al personal de trabajo de los diferentes establecimientos y al personal de recolección de los residuos sólidos urbanos generados en esta zona.

En la zona gastronómica de ciudad universitaria existen 22 establecimientos los cuales se dedican a diferentes ámbitos para la venta de productos comestibles hacia los estudiantes, docentes y trabajadores.

6.2 ENCUESTA

Se decidió realizar el sondeo para determinar la cantidad de residuos sólidos urbanos y su cantidad por tipo de residuo generado en la zona gastronómica de ciudad universitaria por medio de una encuesta a los trabajadores de cada establecimiento que nos pudieran dar la información necesaria y correcta para este estudio.

Para la aplicación de la encuesta se realizó el siguiente procedimiento.

- Selección de las preguntas a realizar, se optó por una serie de ocho preguntas abiertas, esto debido a que cada establecimiento tiene sus propios resultados y no podrían caber dentro de un rango. En las cuales se preguntó la cantidad de clientes atendidos diariamente, la cantidad de residuos sólidos generados diariamente, el porcentaje de residuos orgánicos generados en comparación con el total, el porcentaje de residuos de plástico generados en comparación con el total, el porcentaje de residuos de papel en comparación con el total, el porcentaje de residuos de cartón en comparación con el total y el porcentaje de residuos de metal en comparación con el total.

- Se realizó el formato de llenado para la encuesta, el cual tenía el título, fecha, y una tabla en la cual las columnas tenían los títulos de; nombre del establecimiento, cantidad promedio de RSU generados diariamente, numero promedio de clientes atendidos diariamente, porcentaje de residuos orgánicos, porcentaje de residuos plásticos, porcentaje de residuos de papel, porcentaje de residuos de cartón porcentaje de residuos de metal.
- Teniendo la encuesta y formato previamente hecho, se continuó a realizar la encuesta el día 20 de abril de 2016.
- Lo primero que se realizó al llegar a cada establecimiento, fue presentarnos como estudiantes de Ing. Civil y explicar que estábamos haciendo un estudio de generación de residuos sólidos urbanos en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria.
- Se prosiguió a explicar que son los residuos y sus tipos de residuos.
- Luego, se realizaron las preguntas previamente preparadas y a llenar el formato.
- Al habernos proporcionado los datos necesarios, se agradeció y se prosiguió con el siguiente establecimiento.
- Al terminar el llenado con los datos proporcionados por todos los establecimientos, se prosiguió a analizar y realizar los cálculos y observaciones necesarias.
- Los resultados obtenidos son promedios diarios, debido a que la generación de residuos sólidos urbanos en la zona gastronómica de ciudad universitaria, presenta grandes variaciones; dependiendo principalmente de la temporada estudiantil en la que se encuentre.

6.3 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEL ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

Después de haber realizado el estudio de generación de residuos se obtuvieron las siguientes observaciones:

- No se contabilizaron los residuos de tipo PET, debido a que las autoridades de la UMSNH obliga a los establecimientos a depositar este tipo de residuos en un contenedor de almacenamiento para PET.
- No se contabilizaron los residuos de tipo metálico, debido a que no generan residuos metálicos, solo aluminio, pero lo almacenan para luego venderlo.
- No se contabilizaron los residuos de tipo cartón, debido a que los almacenan para luego venderlo.
- Se nos proporcionaron cantidades promedio de generación de residuos, debido a que la generación de residuos fluctúa en torno a la fecha, temporada, si es suspensión, huelgas, época de exámenes, etc.
- Después de realizada la encuesta, solo nos pudieron dar los volúmenes de generación promedio de residuos, por lo que se realizó la conversión a peso por medio de los pesos volumétricos.
- Los pesos volumétricos que se utilizaron son los siguientes:
 - Materia orgánica = 350 kg/m³
 - Papel = 89 kg/m³
 - Plásticos y desechables = 70 kg/m³

(Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1998)

La Tabla 14, presenta los resultados de generación de residuos sólidos generados y su tipo en peso generados en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria.

VERMICOMPOSTA							
ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LA ZONA GASTRONÓMICA DE CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UMSNH							
No	NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO	CONSUMIDORES (núm./día)	RESIDUOS GENERADOS (kg/día)	MAT. ORGÁNICA (kg/día)	PAPEL (kg/día)	PLÁSTICOS Y DESECHABLES (kg/día)	GENERACIÓN (kg/cliente/día)
1	Taquería "Los Mayos"	220	86.50	84.00	1.34	0.77	0.391
2	Hamburguesas "Puchi"	100	20.08	17.50	1.34	1.05	0.199
3	Jugos Tory	150	31.73	29.40	1.07	1.05	0.210
4	Frutas y Baguettes	250	54.71	52.50	1.11	0.88	0.218
5	Makis "Nori"	180	15.55	12.60	1.60	1.26	0.086
6	Las Casuelas	90	29.85	28.00	0.89	0.63	0.328
7	Café "gula"	40	1.64	0.88	0.45	0.28	0.040
8	Jugos María	240	90.66	88.20	1.25	0.84	0.376
9	Karla's y Charlie's	80	7.21	3.50	2.23	1.40	0.089
10	Birriería "Don Nacho"	100	19.28	17.50	0.89	0.70	0.191
11	El Rincon De Las Enchiladas	110	15.80	14.00	0.89	0.77	0.142
12	Cafetería "Chia"	60	2.66	1.75	0.45	0.42	0.044
13	Princesa	180	39.78	35.00	2.67	1.89	0.220
14	Tony	150	25.94	21.00	2.67	2.10	0.172
15	Ely Antojitos	70	21.25	17.50	2.23	1.23	0.299
16	El Genio Vive	120	11.91	10.50	0.89	0.42	0.098
17	Jaaab's	250	75.61	70.00	3.56	1.75	0.301
18	Doña Lety	20	12.29	10.50	1.07	0.14	0.585
19	Super Tacos "El Mexicano"	50	18.04	16.80	0.53	0.35	0.354
20	Maurice	50	1.07	0.70	0.18	0.18	0.021
21	Taquería Uruapan	30	1.49	1.05	0.18	0.21	0.048
22	Comida China	150	26.62	24.50	0.89	1.05	0.176
SUMATORIA		2690	609.67	557.38	28.35	19.36	0.209

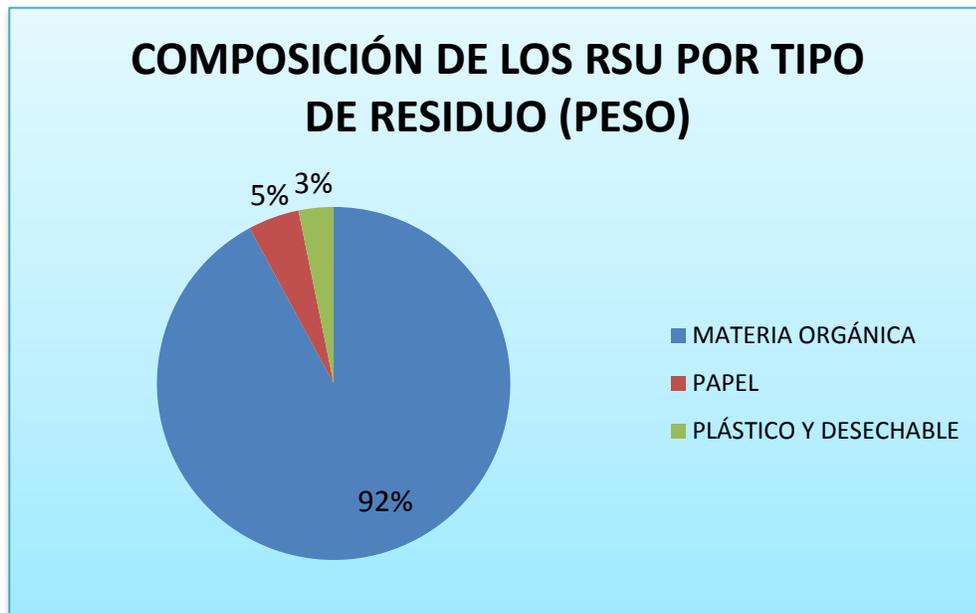
Tabla 14, "Estudio de generación de residuos sólidos urbanos y su composición por tipo de residuo"

Como se observa en la Tabla 14 diariamente se generan en promedio 609.67 kg. De residuos sólidos urbanos en la zona gastronómica, de los cuales 557.38 son residuos orgánicos aprovechables para la realización de vermicomposta.

Tomando en cuenta en la zona gastronómica se trabaja 6 días a la semana, pero el día sábado solo se genera la mitad de los residuos que entre semana, semanalmente se están generando alrededor de 4270 kg de residuos sólidos urbanos y una cantidad de 3900 kg de residuos sólidos orgánicos que podrían ser aprovechables para la generación de vermicomposta.

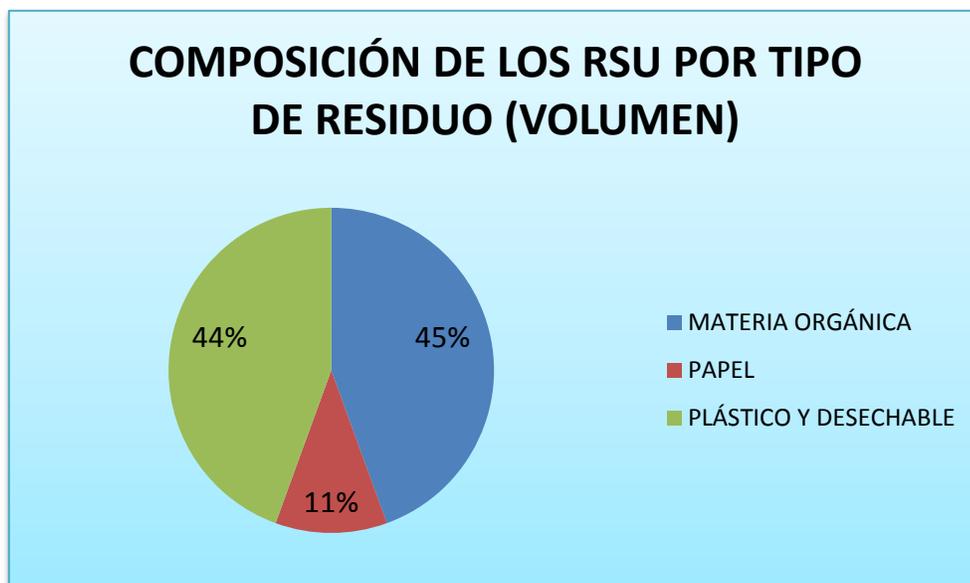
Después de los cálculos realizados se determinó que en promedio la cantidad de residuos generados en la zona gastronómica por cliente es de 0.209 kg. /cliente.

En la Gráfica 12, se observan los porcentajes de residuos generados separados por tipo de residuo en cuanto a su peso.



Gráfica 12, "Composición en peso de los RSU"

En la Gráfica 13, se pueden observar los residuos generados separados por tipo de residuos en cuanto a su volumen.



Gráfica 13, "Composición en volumen de los RSU"

Como se puede observar en las Gráficas 12 y 13, en cuanto a peso los residuos orgánicos representan un 92% del total de residuos generados en la zona gastronómica.

Pero en cuanto a volumen el porcentaje de materia orgánica solo representa el 45% del total de los residuos generados en la zona gastronómica, esto nos hace darnos cuenta de que tan densos son los diferentes tipos de residuos.

CAPÍTULO VII

RESULTADOS GENERALES

7.1 GENERALIDADES

Para la determinación de los resultados finales de la vermicomposta, así como de su evaluación según lo marca la NMX-FF-109-SCFI-2007; verificando que los parámetros de calidad, fisicoquímicos y microbiológicos se encuentre dentro de los rangos que nos marca la norma.

7.2 GRANULOMETRÍA

Sin que este parámetro afecte la calidad del humus de lombriz producido, en cualquiera de los grados de calidad que se encuentre el humus de lombriz se debe de señalar si este se clasifica como:

- Humus de lombriz rústico sin tamizar. Es aquel que no se le dio ningún proceso de cribado para obtener humus de lombriz con una finura mayor, se encuentra dependiendo de la tierra y el tamaño que se haya utilizado como materia prima.
- Humus de lombriz tamizado < 7.0 mm. Es aquel que se pasó por un proceso de tamizado con un tamaño de material menor a 7.0 mm.
- Humus de lombriz tamizado < 5.0 mm. Es aquel que se pasó por un proceso de tamizado con un tamaño de material menor a 5.0 mm.

En nuestro caso, el humus de lombriz producido se hizo pasar por una criba con una apertura de 5.0 mm, por lo que el humus de lombriz que generamos según su granulometría, se clasificó como humus de lombriz tamizado < 5.0mm.

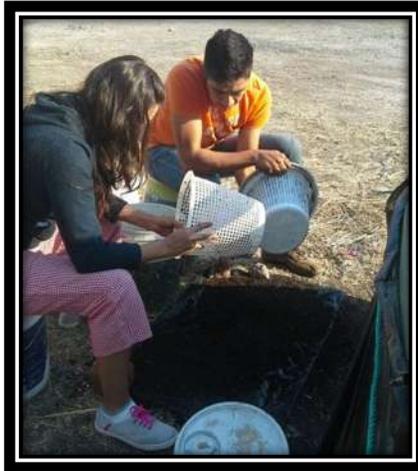


Imagen 25, "Cribado del Humus de lombriz"

La realización del cribado no solo es para obtener un humus de lombriz más fino, también nos sirvió para la realización de la separación de la lombriz roja californiana del humus de lombriz.



Imagen 26, "Humus tamizado y material grueso"

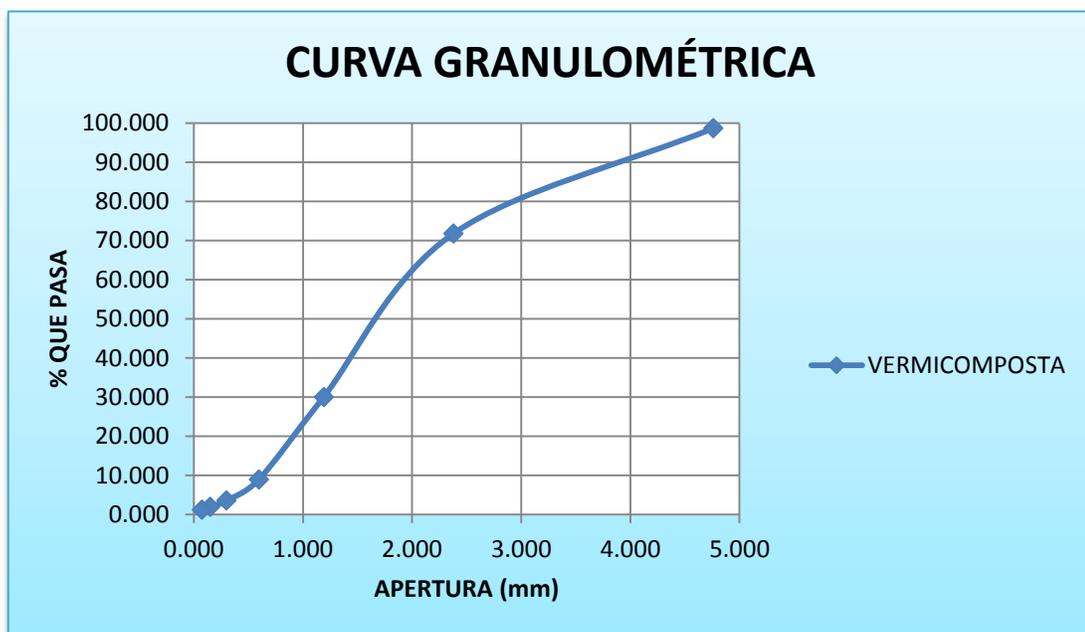
También se realizó un análisis granulométrico para suelos, este nos dió los diferentes porcentajes de tamaño de partículas que conforman el humus de lombriz y su distribución.

En la Tabla 15 se muestran los datos obtenidos del análisis granulométrico.

VERMICOMPOSTA					
FECHA	4 DE MAYO DE 2016			MUESTRA	400 gr.
MALLA	APERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr.)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% PASA
4	4.760	5.5	1.375	1.375	98.625
8	2.380	107.4	26.850	28.225	71.775
16	1.190	166.9	41.725	69.950	30.050
30	0.595	84.4	21.100	91.050	8.950
50	0.297	21.5	5.375	96.425	3.575
100	0.149	6.5	1.625	98.050	1.950
200	0.074	2.8	0.700	98.750	1.250
CHAROLA		4.9	1.225	99.975	0.025
	SUMATORIA	399.9	99.975		

Tabla 15, "Granulometría de la vermicomposta"

Según los datos de la Tabla 15, se realizó el trazado de la curva granulométrica que presento el humus de lombriz, la cual se muestra en la Gráfica 14.



Gráfica 14, "Curva granulométrica"

7.3 OLOR

La NMX-FF-109-SCFI-2007 nos marca que el humus de lombriz generado debe de presentar un olor a tierra húmeda, ausente de olores pestilentes.

El humus de lombriz presentó un aroma a tierra humedad, por lo que se encuentra dentro de las especificaciones de la norma.

7.4 SECADO DEL HUMUS DE LOMBRIZ

Después de haber cribado el material para obtener el humus de lombriz tamizado < 5.0 mm. Se continuó a reducir el porcentaje de humedad que poseía el humus de lombriz.

Como ya se sabe durante el proceso de vermicompostaje el material debe de tener un porcentaje de humedad de 60 a 80 %, pero para efectos de comercialización y producción del humus de lombriz la NMX-FF-109-2007 nos indica que el humus de lombriz debe de tener una humedad de entre 20-50 %.

Para reducir el porcentaje de humedad del humus de lombriz, el material se extendió al sol para su secado por medio de la acción del medio ambiente, energía calorífica solar y el viento, esta acción se realizó durante 12 horas.

Durante el tiempo de extendido del material a la intemperie el material se rastrillo y se homogeneizó para lograr una mayor eficiencia de secado, debido a que el material de la superficie perdió humedad más rápidamente, mientras que el material del fondo más lentamente.

El material se extendió sobre unos plásticos para evitar la contaminación del humus de lombriz, con un espesor de la capa de 3 a 5 cm.



Imagen 27, "Extendido del humus de lombriz"

Durante el proceso de secado del material, las lombrices más pequeñas que hallan paso el cribado se eliminan del humus de lombriz, para tener un material sin presencia de las lombrices, las cuales pueden presentar problemas en su posterior uso.

7.5 CALIDAD

El humus que se analizó conforme la NMX-FF-109-SCFI-2007, debe de cumplir con las especificaciones que se muestran en la Tabla 16, para la determinación de su calidad.

VERMICOMPOSTA					
GRADO DE CALIDAD					
PARÁMETRO	VALOR OBTENIDO	NMX-FF-109-SCFI-2007			CALIDAD
		EXTRA	PRIMERA	SEGUNDA	
MATERIAL MINERAL EXTRAÑO (%)	< 1.50	0.00-1.50	1.51-3.00	3.01-5.00	EXTRA
MATERIAL ORGÁNICO NO DIGERIDO (%)	< 3.00	0.00-3.00	3.01-6.00	6.01-10.00	EXTRA
MATERIAL INERTE (%)	< 0,50	< 0.50	0.51-1.00	1.01-1.50	EXTRA
SEMILLAS VIABLES (L-1)	< 1.00	< 1.00	1.00-1.50	1.51-2.00	EXTRA
LOMBRICES VIVAS (L-1)	< 1.00 POR CADA 5 LITROS	UNA POR CADA 5 LITROS	UNA POR CADA 5 LITROS	DOS POR CADA 5 LITROS	EXTRA

Tabla 16, "Calidad del humus de lombriz"

Como se muestra en la Tabla 16, el humus de lombriz que se generó cumple con las especificaciones para poder ser denominado como **humus de lombriz de calidad extra**.

7.6 ESPECIFICACIONES FÍSICO-QUÍMICAS

La NMX-FF-109-SCFI-2007 nos marca el rango de valores que debe de tener cada parámetro que se determinó para el humus de lombriz, independientemente del grado de calidad del humus de lombriz debe de cumplir con todas las especificaciones fisicoquímicas que se detallan en la Tabla 17.

VERMICOMPOSTA			
ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS			
CARACTERÍSTICA	VALOR OBTENIDO	NMX-FF-109-SCFI-2007	OBSERVACIONES
NITRÓGENO TOTAL (%)	3.14	1.00-4.00	CORRECTO
MATERIA ORGÁNICA (%)	32.3	20.00-50.00	CORRECTO
RELACIÓN C/N	5.97	< 20.00	CORRECTO
HUMEDAD (%)	36.33	20.00-40.00	CORRECTO
pH	6.4	5.5-8.5	CORRECTO
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (ds/m)	0.868	< 4.00	CORRECTO
DENSIDAD APARENTE (gr/ml)	0.4	0.40-0.90	CORRECTO
MATERIALES ADICIONADOS	AUSENTE	AUSENTE	CORRECTO

Tabla 17, "Especificaciones fisicoquímicas"

Como se logró observar en la Tabla 17, el humus de lombriz producido pasa satisfactoriamente todas las especificaciones fisicoquímicas que nos marca la norma.

7.7 ESPECIFICACIONES MICROBIOLÓGICAS

La NMX-FF-109-SCFI-2007 nos marca los límites máximos permisibles para las especificaciones microbiológicas con las que debe de cumplir el humus de lombriz producido.

En la Tabla 18 se muestran los resultados de las pruebas microbiológicas y la comparación con los límites máximos permisibles que nos indica la norma.

VERMICOMPOSTA			
LÍMITES MÁXIMOS MICROBIOLÓGICOS			
CARACTERÍSTICA	VALOR OBTENIDO	NMX-FF-109-SCFI-2007	OBSERVACIONES
ESCHERICHIA COLI (NMP/1 gr)	2100	< 1000	INCORRECTO

Tabla 18, "Especificaciones microbiológicas"

Como se observa en la Tabla 18, el humus de lombriz producido no cumplió con las especificaciones de la norma para el parámetro de Escherichia Coli, teniendo un valor mayor a 1000 NMP/1 gr de muestra.

Este parámetro no se cumplió, posiblemente debido a que la tierra que se utilizó como materia prima para la producción de vermicomposta fue tierra de encino artesanal, la cual puede llegar a contener una mezcla de tierra para jardín con algún excremento de animal, que pudiese haber sido utilizado como abono para aumentar las propiedades de la tierra de encino.

La norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 nos marca que la el humus de lombriz producido debe de cumplir con dos límites máximos microbiológicos, como no se cumplió con el límite para Escherichia Coli, no es necesario realizar la prueba ara determinación de la Salmonella; debido a que mostro presencia de escherichia coli y coliformes fecales también presente Salmonella en rangos superiores a los permitidos.

7.8 CANTIDAD DE HUMUS DE LOMBRIZ PRODUCIDO

Durante todo el proceso de degradación de los residuos sólidos orgánicos generados en la zona gastronómica de ciudad universitaria, se agregaron un total de 188,045.00 grs. Durante las dos etapas de agregados de materia sólida orgánica.

Por lo tanto si se introdujeron 188.045 kgs de materia orgánica y se obtuvieron 72 kgs. De humus de lombriz, de la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se introducen a la vermicomposta para su proceso de degradación se obtiene un 38.29% en peso de humus de lombriz.

Durante el proceso de cosechado se obtuvo la cantidad de 9 cubetas de 20 litros, teniendo en cuenta que cada cubeta se llenó con 8 kgs de humus de lombriz cernido y con la humedad que nos marca la Norma Mexicana NMX-FF-107-SCFI-2007; teniendo un total de 72 kgs. De humus de lombriz producido.

Con la consideración de que las lombrices aun tuvieran la suficiente tierra para poder vivir, otro aspecto importante que nos dio la cantidad de humus de lombriz generado es la humedad a la que se encuentra el material al momento de ser cernido, ya que debido a su alto porcentaje de humedad su cernido y, por lo tanto, su producción se ve disminuida.



Imagen 28, "Humus cernido y material grueso producido"

Como se observa en la Imagen 28 al momento de realizar el cernido del material, por cada dos partes de humus de lombriz cernido que se produce se obtiene una parte de material grueso, esto significa que se genera un 50% de material grueso de humus de lombriz; este material grueso tiene las mismas características físico-químicas y microbiológicas que el humus de lombriz cernido, por lo tanto se puede utilizar como pie de inicio para las próximas vermicompostas o comercializarse como humus de lombriz sin tamizar o rustico.

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

Se logró generar humus de lombriz con calidad extra, también que cumpliera con las especificaciones fisicoquímicas y organolépticas que nos marca la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007 “Humus de Lombriz (Lombricomposta)”.

Es importante controlar la calidad de los materiales utilizados para la implementación del compostero. Así como el tipo y calidad de la materia prima que se utilizara durante el proceso de compostaje

Al utilizar los residuos sólidos orgánicos generados en la zona gastronómica de ciudad universitaria para la producción de humus de lombriz, el volumen de residuos sólidos urbanos generados en esta zona puede disminuir en un 45% menos a la generación actual; y en un 92% menos en peso de residuos sólidos urbanos generados.

Desde un punto de vista agronómico, el abono orgánico o humus de lombriz es mucho mejor para los cultivos y plantas que el abono químico, esto debido a sus propiedades naturales.

Es posible producir humus de lombriz de excelente calidad por medio de la utilización de los residuos sólidos orgánicos que se generan en la zona gastronómica de ciudad universitaria.

Se lograron controlar los parámetros principales para la óptima producción de vermicomposta; estos parámetros son la humedad, temperatura, pH, cantidad de materia orgánica, porcentaje de nitrógeno, porcentaje de fósforo y relación carbono/nitrógeno.

El humus de lombriz producido durante esta investigación se evaluó conforme a la Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007, obteniendo valores satisfactorios en el olor, color, tamizado, calidad y especificaciones físico-químicas.

Se monitorearon y controlaron los parámetros físicos y químicos para que el proceso de degradación de los residuos sólidos orgánicos se produjera de la forma más óptima posible; manteniendo las mejores condiciones para la reproducción y producción por parte de la lombriz roja californiana.

Para el control de los parámetros químicos de la vermicomposta principalmente se tiene que cuidar los materiales que se agreguen a la vermicomposta como materia prima de degradación; para el control de los parámetros físicos que afectan el proceso de degradación se observó que cubriendo el silo compostador con plásticos negro se puede mantener y controlar de forma relativamente sencilla la temperatura y humedad, las cuales son de gran importancia para que la lombriz roja se reproduzca y degrade de manera más rápida los residuos sólidos orgánicos.

Para aumentar la cantidad de nitrógeno y fósforo presente en el humus de lombriz, se deben de agregar residuos verdes (poda de árboles y jardines, verduras, etc.). En este caso no fue necesario debido a que el porcentaje de nitrógeno total y la relación C/N se encontraba dentro de los rangos que nos indica la norma mexicana NMX-FF-109-SCFI-2007.

8.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda el monitoreo constante de la calidad del proceso y producto generado, en cualquier sistema de compostaje, para mantener las condiciones óptimas de degradación.

Se recomienda la implementación de los resultados obtenidos en esta investigación, con un sistema de vermicompostaje apto para degradar grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos; como lo es el sistema de vermicompostaje por medio de lechos o camas para el degradado de los residuos sólidos orgánicos en humus de lombriz.

Por medio de un sistema de camas de vermicompostaje se puede lograr la producción de humus de lombriz utilizando toda la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados en la zona gastronómica de Ciudad Universitaria.

Adicionalmente, es de gran importancia llevar a cabo un análisis para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, para la producción de vermicompostas, con los residuos en todo el campus universitario.

Implementación de pláticas técnicas al alumnado y docencia de la U.M.S.N.H. para la realización más fácil de la separación de los residuos y su futuro aprovechamiento para la producción de vermicompostas, y su uso en las áreas verdes de Ciudad Universitaria, así como de las dependencias de la U.M.S.N.H. y su posible comercialización.

Se sugiere que al realizarse un proyecto de vermicompostaje, se coloque un sistema de captación de los lixiviados producidos durante el proceso de degradación de los residuos sólidos orgánicos, para la producción de abono orgánico líquido; el cual es muy usado actualmente.

Se recomienda agregar el agua a la vermicomposta en menor cantidad en lapsos menores, que una gran cantidad de agua en lapsos mayores.

Para controlar los parámetros químico se recomienda no agregar residuos de cítricos, ni de origen animal a la vermicomposta; para los parámetros físicos que afectan principalmente a la lombriz, se recomienda mantener la vermicomposta cubierta con un plástico negro para protegerla del medio ambiente.

CAPÍTULO IX

ANEXOS

9.1 CÁLCULOS

Cálculo para la determinación del porcentaje de humedad que posee la vermicomposta.

$$H(\%) = \frac{G - G1}{G} \times 100 = \frac{20.12 - 6.32}{20.12} \times 100 = 68.59\%$$

Cálculo para la determinación del porcentaje de nitrógeno que posee la vermicomposta.

$$\% \text{ NITRÓGENO} = \frac{\text{VALOR OBTENIDO DE NITRÓGENO } \left(\frac{mg}{l}\right)}{\text{VALOR OBTENIDO DQO } \left(\frac{mg}{l}\right)} \times 100 = \frac{14}{709} \times 100 = 1.97\%$$

Cálculo para la determinación del porcentaje de cenizas (materia orgánica) presente en la vermicomposta.

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{(PCC - PC)}{MUESTRA} \times 100 = \frac{37.5971 - 37.3059}{0.9151} \times 100 = 37.60\%$$

Cálculo para la determinación del porcentaje de carbono orgánico presente en la vermicomposta.

$$\% \text{ CO} = \frac{\% \text{ M.O.}}{1.724} = \frac{37.60}{1.724} = 21.82\%$$

Cálculo para la determinación del porcentaje de fósforo presente en la vermicomposta.

$$\% \text{ FÒSFORO} = \frac{\text{VALOR OBTENIDO DE FÒSFORO } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)}{\text{VALOR OBTENIDO DQO } \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}}\right)} \times 100 = \frac{11.1}{709} \times 100 = 1.57\%$$

Cálculo para la determinación de la relación Carbono/Nitrógeno presente en la vermicomposta.

$$\frac{C}{N} = \frac{CO (\%)}{NT (\%)} = \frac{21.87}{1.97} = 11.04$$

9.2 TRÍPTICO “¿CÓMO ELABORAR COMPOSTA CASERA?”

Se elaboró un tríptico para fomentar la producción de humus de lombriz, por medio de la degradación de los residuos sólidos orgánicos generados en cada casa habitación, esto con el fin de reducir la cantidad de residuos que son tratados como desechos y darle un aprovechamiento a todos estos residuos.

El tríptico se realizó para que fuese comprendido por personas sin conocimientos acerca del área de Ingeniería Ambiental, Biología, Agronomía o alguna formación científica.

En él se explica claramente las herramientas, componentes, procedimientos y cuidados que se deben de tener para la generación de humus, por medio de la degradación de los residuos sólidos orgánicos que son generados en un hogar promedio.

Elaboración de composta casera

Como puedes ver es bastante sencillo la elaboración de compostas, para la generación de humus o abono orgánico. Con esto ayudas al medio ambiente y humus producido te servirá como abono orgánico para tus plantas, árboles y jardines.

VENTAJAS DEL USO DE ABOÑO ORGÁNICO:

- Reduces la cantidad de residuos generados dentro de tu hogar.
- Ayuda a aumentar el desarrollo de tus áreas verdes, árboles y plantas.
- Ayudas al medio ambiente al generar una menor cantidad de "basura".
- Al ser un abono completamente natural, no genera daños a la salud.

Facultad de Ingeniería Civil



¿Como hacer composta casera?



Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Facultad de Ingeniería Civil.
Ingeniería Ambiental
Raúl Iván Zamora Alanís

Teléfono: 443-110-8735
Correo: ing.razam@gmail.com



Elaboración de composta casera...

MATERIALES:

La composta la puedes hacer en cajas de madera, plástico, cubetas, macetas de plástico, etc. El recipiente debe de tener ventilaciones y salidas de agua.



INGREDIENTES PARA HACER COMPOSTA:

- Residuos de frutas y vegetales.
- Cascarones de huevo, papel mojado, servilletas, bolsitas de té, etc.
- Residuos de jardinería, como hojas secas, poda de pasto, ramas pequeñas, etc.
- Tierra para jardín y agua.

¿En cuánto tiempo está listo el abono orgánico?

El proceso de degradación de los residuos orgánicos en abono orgánico, tarda aproximadamente de 10 a 12 semanas, según las condiciones de temperatura, humedad y correcto procedimiento.

El abono orgánico estará listo para utilizarse cuando obtenga un color marrón oscuro y se encuentre libre de olores desagradables.



RECOMENDACIONES:

- No agregar o agregar en pocas cantidades residuos provenientes de cítricos.
- Cuidar principalmente de la lluvia o calor excesivo, se puede cubrir el recipiente compostador con plástico negro.
- **NO AGREGAR residuos de origen animal, (cármicos, heces fecales, grasas, aceites, huesos, etc.)**



Procedimiento:

- Para comenzar la composta se coloca una capa de tierra para jardín, de aprox. 5 cm, en el fondo del recipiente compostador.
- Se coloca una capa de residuos verdes y/o secos; como los residuos de jardinería (opcional).



- Se coloca una capa con los residuos de cocina, de entre 1 a 5 cm, estos residuos previamente deben ser cortados, para tener un tamaño de 2 a 5cm. (mas fácil degradación).



- A continuación los residuos se cubren con una capa de tierra para jardín de aprox. 2 cm.



- Se le agrega un litro de agua por cada 3 kgs. De residuos agregados semanalmente.
- Revolver o voltear una vez por semana.

Se continúa con el procedimiento anterior, hasta que el recipiente se llene.

CAPÍTULO X FUENTES CONSULTADAS

- Candelaria García, M., Navarro Espinoza, M. G., Velázquez López, C. N., & Judith. (17 de Diciembre de 2013). Elaboracion de abono organico a base de lombriz roja californiana. México.
- Cedillo, L. (2015). *Desarrollo Rural, Sagarpa*. Recuperado el 2015 de septiembre de 2015, de sitio web de Sagarpa:
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/elaboraci%C3%B3n%20de%20composta.pdf>
- CONAGUA. (2012). *NORMA MEXICANA NMX-AA-030/1-SCFI-2012 "Análisis de agua-Medición de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba-Parte 1-Método de reflujos abiertos"*. México.
- CONAGUA. (2013). *NORMA MEXICANA NMX-AA-007-SCFI-2013 "Análisis del agua-Medición de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba"*. México.
- Ferruzi, C. (1994). *Manual De Lombricultura*. España: Mundi-Prensa.
- Hach Company Headquarters. (2008). *Water analysis handbook, 5th edition*. Denver, Colorado: American Water Works Association.
- LEGISMEX. (1984). *NORMA MEXICANA NMX-AA-16-1984 "Protección al medio ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales-Determinación de humedad"*. México.
- LEGISMEX. (1984). *NORMA MEXICANA NMX-AA-25-1984 "Protección al ambiente-contaminación del suelo-residuos sólidos- Determinación del pH-Método potenciométrico"*. México.
- LGPGIR. (2015). Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos. 217-225. Mexico. Recuperado el 4 de Septiembre de 2015, de http://www.pa.gob.mx/publica/rev_53-54/analisis/elaboraci%C3%B3n_abono.pdf
- Martínez, C. (1999). *Potencial de la lombricultura. Elementos básicos para su desarrollo*. México.
- Morin, N. (2012). *Análisis Comparativo De La Composición En Nutrientes De La Composta Y Lombricomposta De Platano*. Veracruz.
- potenciales, G. p. (2013). *Info Agro*. Recuperado el 7 de Septiembre de 2015, de Info Agro:
http://infoagro.net/archivos_Infoagro/Ambiente/biblioteca/ES_MANUALDELOMBRICOMPOS.pdf

- Rodriguez, M., & Cordoba, A. (2006). *Manual De Compostaje Municipal: Tratamiento De Residuos Solidos Urbanos*. Mexico: S y G Editores.
- Ruiz Morales, M. (2011). *Universidad Iberoamericana*. Recuperado el 8 de Octubre de 2015, de <http://www.iberomex.mx/web/files/publicaciones/taller-de-lombricomposta.pdf>
- RURAL INCA. (1998). *Manual de lombricultura*.
- SAGARPA. (s.f.). *Sitio Web SAGARPA*. Recuperado el 13 de Marzo de 2016, de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrollorural/documents/fichasaapt/lombricultura.pdf>
- SCFI. (2007). *NORMA MEXICANA NMX-FF-109-SCFI-2007 "Humus de lombriz (lombricomposta)- Especificaciones y métodos de prueba"*. México.
- Schuldt, M. (2006). *Lombricultura: Teoria Y Practica*. Mexico: Mundi-Prensa.
- SEDESOL. (2013). *Generación de residuos solidos per capita*. México.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos. Vol. I*. Mexico: Mc Graw-Hill.