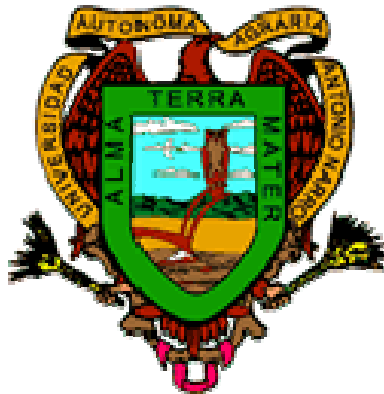


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**ANÁLISIS DEL COMPOSTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DE  
TORREÓN, COAHUILA.**

**POR:**

**DEYSI RAMOS PINTO**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**

**TORREÓN, COAHUILA, MEXICO**

**MARZO 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**ANÁLISIS DEL COMPOSTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DE  
TORREÓN, COAHUILA.**

**POR:**

**DEYSI RAMOS PINTO**

**ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA Y  
APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN AGROECOLOGÍA**


**COMITÉ PARTICULAR**

**ASESOR PRINCIPAL:**

\_\_\_\_\_  


**M. C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS**

**ASESOR:**

\_\_\_\_\_  


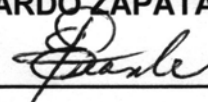
**M. C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ**

**ASESOR:**

\_\_\_\_\_  


**M. C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES**

**ASESOR:**

\_\_\_\_\_  


**M. Sc. EMILIO DUARTE AYALA**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

\_\_\_\_\_  


**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS**



**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MARZO 2011**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**ANÁLISIS DEL COMPOSTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS DE  
TORREÓN, COAHUILA.**

**POR:**

**DEYSI RAMOS PINTO**


**QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR**

**PRESIDENTE:**

\_\_\_\_\_ 

**M.C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS**

**VOCAL:**

\_\_\_\_\_ 

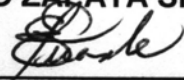
**M.C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ**

**VOCAL:**

\_\_\_\_\_ 

**M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES**

**VOCAL:**

\_\_\_\_\_ 

**M. Sc. EMILIO DUARTE AYALA**

**COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

\_\_\_\_\_ 

**DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS**



**Coordinación de la División de  
Carreras Agronómicas**

**TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO**

**MARZO 2011**

## AGRADECIMIENTO

A mi DIOS padre por prestarme vida, por regalarme una familia maravillosa y por darme la bendición de concluir mis estudios satisfactoriamente, por ser parte de este triunfo. Gracias dios por estar conmigo siempre.

A mi Alma Terra Mater, por ser la mejor universidad agraria que existe en México, por ofrecerme sus instalaciones para tener una mejor formación.

Al M.C. Eduardo Blanco Contreras por permitirme trabajar a su lado, por brindarme su amistad, confianza por compartirme sus conocimientos y por ser un excelente ser humano.

Al M.C. Fortino Domínguez Pérez por su enorme apoyo, colaboración y conocimientos compartidos, por la paciencia y el esfuerzo de sacar adelante el proyecto por su valiosa amistad, confianza, sencillez y buenos deseos.

Al M.C. Gerardo Zapata Sífuentes por su colaboración en la realización de este trabajo, por brindarme su amistad.

Al M.C. Emilio Duarte Ayala por su colaboración en la realización de este proyecto.

En general a todos los maestros que fueron parte de mi formación profesional y académica, por compartir sus conocimientos conmigo y compañeros a lo largo de nuestra estancia en la Universidad Antonio Narro.

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES

SR. Isabelino Ramos Jiménez por ser mi padre y amigo por darme la vida, por ser un ejemplo a seguir de paciencia y fortaleza Por brindarme tu amor y confianza por ser un buen padre por sacarme adelante a pesar de todo, porque a pesar de ser un hombre fuerte eres sensible, gracias padre por cuidar de tu familia y por enseñarnos a ser personas sencillas y trabajadoras te admiro por lo que eres un padre con un gran corazón, TE AMO PAPI.

SRA. Irma Inés Pinto López por ser mi madre y amiga por traerme al mundo por tu apoyo incondicional a lo largo de cuatro años y medio de mi formación profesional gracias por regalarme tu amor incondicional, por ser una gran mujer y madre por creer en mí, por tus consejos y apoyo gracias madre por todo lo que has hecho por mis hermanos y por mi te admiro mama por todo lo bueno que hay en ese corazón tan grande que Dios te dio, TE AMO MAMI.

### A MIS HERMANOS

**Jesús Jafet, Rosi Jacqueline, Isabel, Ing. Adrian RAMOS PINTO.** Por ser los mejores hermanos que dios y mis padres me pudieron regalar. Porque a pesar de la distancia siempre estuvieron conmigo brindándome su apoyo, amor, comprensión. Gracias por creer en mí DIOS ME LOS CUIDE SIEMPRE LOS AMO.

A ti pequeño angelito que llegaste en el mejor momento a nuestras vidas a regalarnos amor y alegría TE AMO.

A ti pequeño caspian por llegar en el mejor momento de mi vida, por estar conmigo en mis días soleados y nublados, por brindarme tu amor y apoyo. Por ayudarme en la realización de este trabajo, quiero que juntos compartamos este triunfo y los que Dios nos tenga reservados TE AMO.

## A MIS ABUELOS

SR. Juan Ramos Rodríguez +

SRA. Rosario Jiménez De La Cruz +

SR. Tomas Pinto Peñate

SRA. Rosa López Méndez

Por ser los mejores abuelos que Dios y mis padres me dieron, porque siempre estuvieron conmigo apoyándome dándome su amor, confianza desde el cielo y la tierra los AMO MUCHO.

## A MIS PRIMOS (AS)

Alexander, Noemí, Giuseppe, Tomas, yaritza, Christopher, Alan, Fernando, Arturo, Jaime, Gaby, Erik, Mónica, Omar, Fermín, Dulce, Laura, Estefany, Erika, José, Sofía, Adonis, Miroslava

Por ser los mejores primos por brindarme su apoyo amistad, amor, por los viejos Tiempos, por confiar en mí los quiero mucho. DIOS ME LOS CUIDE SIEMPRE ÉXITO PARA CADA UNO DE USTEDES.

## AMIS TIOS (A)

Artemio, Guadalupe, Oscar, Maribel, Juana, Enrique, Federico +, Francisca, Adela, Juan, María, Trina, Rosa, Miguel, Virginia, Alfredo y Cando. Por creer en mí, por brindarme su amor y apoyo

De manera especial quiero agradecer a la familia pinto Gómez, por ser parte importante en mi vida, por brindarme su amor incondicional, amistad, confianza y apoyo económico, gracias porque ustedes siempre creyeron en mí. Los Amo Dios me los cuide siempre Irene y Raúl.

A mis compañeros de carrera, en especial a mis cuates, Esther J. Arcos C. Marco A. Jiménez G. Blanca R. Hernández H. Elena Gómez C. Samuel Farías O. Javier López F. Por compartir lindos momentos, los llevare en mi corazón siempre.

<b>INDICE DE CONTENIDO</b>	<b>Página</b>
<b>PORTADA.....</b>	<b>i</b>
<b>COMITÉ PERTICULAR.....</b>	<b>ii</b>
<b>JURADO CALIFICADOR.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO.....</b>	<b>vii</b>
<b>INDICE DE CUADROS .....</b>	<b>x</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo.....	3
1.2. Hipótesis .....	3
<b>II. REVISION DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. Manejo de los residuos sólidos .....	4
2.1.1. Situación Actual de los Residuos Sólidos .....	4
2.1.2. Importancia y Generación de los Residuos Sólidos .....	5
2.1.3. Minimización de los Residuos sólidos domiciliarios .....	7
2.2. Importancia de la generación de residuos sólidos.....	8
2.2.1. Gestión de los Residuos Sólidos .....	8
2.3. Composta.....	9
2.3.1. Definición de composta .....	9
2.4. Mineralización .....	10
2.4.1. Mineralización de la Materia Orgánica.....	10

2.4.2. Composición de la Materia Inicial .....	11
2.4.3. Tamaño de Partículas.....	11
2.4.4. Mezcla e Inoculación .....	11
2.4.5. Humedad .....	12
2.4.6. Temperatura.....	13
2.4.7. Aireación.....	13
2.4.8. pH.....	14
2.4.9. Relación C/N .....	14
2.4.10. Proceso del Composteo .....	15
2.4.11. Etapas del Proceso Del Compostaje .....	15
2.4.12. Estabilidad de la Composta.....	16
2.4.13. Madurez de la Composta.....	17
2.4.14. Calidad de la Composta .....	17
2.5. Suelo .....	17
2.5.1. Nitrógeno .....	17
2.5.2. Porosidad.....	17
2.6. Educación Ambiental.....	18
2.6.1. Importancia de la educación ambiental .....	18
2.6.2. Que es la Basura.....	18
2.6.3. Reciclaje y Reutilización.....	19
2.6.4. Impacto Ambiental.....	19
2.7. Agroecología.....	20
2.7.1. La agroecología como una disciplina .....	20
2.7.2. Desarrollo sustentable.....	20
2.8. Legislación y Normatividad.....	20



2.8.1. Antecedentes .....	20
2.8.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.....	21
2.8.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente .....	22
2.8.4. Normas Oficiales Mexicanas Relativas al Manejo y Disposición Final de Residuos Sólidos.....	22
<b>III. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1. Localización geográfica de la comarca lagunera.....	23
3.2. Clima de la comarca lagunera.....	23
3.3. Localización del experimento .....	23
3.4. Descripción del experimento .....	24
3.3.1. Método de muestreo .....	24
3.3.2. Diseño experimental .....	24
3.5. Variables de estudio .....	26
3.5.1 Variables físicas.....	26
3.5.2 Variables químicas .....	27
3.6. Análisis estadístico .....	29
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>30</b>
4.1 Tiempo de degradación .....	30
4.2. Temperatura .....	31
4.3. Materia orgánica .....	32
4.4 Potencial de Hidrógeno .....	33
4.5 Conductividad eléctrica (C.E.).....	34
4.6 Nitrógeno total.....	35
<b>V. CONCLUSION.....</b>	<b>36</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>37</b>
<b>VII ANEXOS.....</b>	<b>40</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de las muestras en el diseño completamente Aleatorizado (DCA) T, se refiere al tratamiento y R, a la réplica.....	24
Cuadro 2. Descripción de la cantidad de agua que se le aplicó a cada Tratamiento en el compostaje de residuos sólidos de origen domiciliario.....	24

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tiempo de degradación de la M.O. de cada tratamiento tomando Como factor el tiempo en días.....	30
Figura 2. Temperatura promedio registrada semanalmente en el composteo De residuos sólidos domiciliarios.....	31
Figura 3. Temperatura promedio registrada semanalmente en el composteo De residuos sólidos domiciliarios.....	31
Figura 4. Porcentaje de M.O. en la composta de residuos sólidos de origen Domiciliarios.....	33
Figura 5. Potencial de hidrogeno promedio para los residuos sólidos de ori- gen domiciliario con una dosificación de agua de 3 litros cada Tercer día.....	34
Figura 6. La variable conductividad eléctrica en el proceso de compostaje de residuos sólidos de origen domiciliarios con ninguna dosificación de agua.....	35
Figura 7. Porcentaje de nitrógeno total promedio en el compostaje de Residuos sólidos de origen domiciliarios con diferente dosificación de Agua cada tercer día.....	36

## RESUMEN

El problema del manejo de la basura doméstica, componente importante de los residuos sólidos municipales (RSM), puede resolverse en gran parte a través del reciclaje de la fracción orgánica por medio del proceso del compostaje. Así, el objetivo de la presente investigación consistió en analizar la degradación de los residuos sólidos domiciliarios a diferentes dosis de humedad y la calidad del producto final. Se estableció un experimento para conocer el tiempo de degradación de los residuos sólidos domiciliarios, que consistió en cuatro tratamientos y tres repeticiones con diferente dosificación de agua; también se realizó la determinación de M.O, C.E, pH y nitrógeno total en el producto obtenido. Los resultados muestran un menor tiempo de descomposición en los tratamientos sin agua, y un mayor valor nutritivo en el tratamiento tres; el porcentaje de M.O. fue de 5.723% mientras que el pH alcanzó un valor de 7.433%; para el caso de la C.E., el tratamiento que registró valor máximo fue el No. 1 y el valor promedio de nitrógeno total fue de 0.3888%. La hipótesis se rechaza, ya que ninguna variable presentó diferencia significativa, es decir los niveles de humedad no alteraron los procesos físico-químicos de la composta, por lo tanto solo se considera como mejor respuesta al Tratamiento 1 al no emplear agua, y al Tratamiento 3 por presentar los valores de nutrición más favorables, siendo el más rico en los elementos presentes.

Palabras claves: compostaje, residuos sólidos, degradación, abonos, fertilidad.

## ABSTRACT

The problem of domestic waste, important components of the municipal solid waste (MSW), can be solved largely through recycling the organic fraction by the composting process. So, the research object was to analyze the degradation of household solid waste at different moisture rates and the final product quality. An experiment was established in order to know the degradation time of the solid waste from household source. The study consisted of four treatments and three replications with different water rates. In addition, the following parameters were recorded: Organic Matter (O.M.) determination; Electrical Conductivity (E.C); pH; and total N content in the product obtained. Results show a less time of decomposition on treatments without water and a higher nutritional on treatment three; the average percentage of O.M. was 5.723%, while pH reached a 7.433 value; treatment number 1 was the highest value in the case of E.C.; and the average value of total N content was 0.38888 %. The hypothesis is rejected since no variable was not significantly different, that is to say moisture levels do not change the physical-chemical processes of the compost. Therefore, treatment one (no water application) is considered like the best response and treatment three to submit the most favorable nutrition values, being the richest of the elements present.

Keywords: composting, solid waste, degradation, manure, fertility.

## I. INTRODUCCIÓN

El compostaje de origen domiciliario es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos obteniendo un producto final denominado compost, orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades (Silva *et al.*,2000).

Para comprender la importancia que tienen los residuos sólidos domiciliarios hay que entenderlos como una consecuencia de las actividades humanas. Dependiendo del lugar o espacio en el cual se almacenen o depositen. Y del uso final o valor que se le asigne a un objeto o desecho, se tratará de subproductos reciclables, reutilizables (Capistrán, 2000).

El compostaje es la degradación de residuos orgánicos por la acción de los microorganismos, alterando la estructura molecular de los compuestos orgánicos. Según el tiempo de descomposición, se da al grado de madurez al realizar biotransformación o degradación parcial (descomposición de un compuesto orgánico en otro similar) y mineralización o degradación completa, considerada esta como la descomposición total de las moléculas orgánicas (Puerta, 2004).

Según la FAGRO (2000), citado por (Altamirano, y Cabrera 2006), un abono orgánico o compost es el producto de la transformación de residuos orgánicos en humus por restos orgánicos (bacterias, hongos, protozoarios, lombrices, etc. La presencia de humus en el suelo cumple las siguientes funciones: provee elementos nutritivos, mejora la estructura la porosidad y retención de agua y aire en el suelo y aumenta la resistencia de las plantas a enfermedades.

El problema del manejo de la basura doméstica, conocida también como residuos sólidos municipales (RSM), puede resolverse en gran parte a través del reciclaje de la fracción orgánica por medio del proceso del compostaje. Esta tecnología permite retornar, lo mejor posible los materiales desecho a los ciclos naturales y se le considera como uno de los métodos más antiguos y naturales que se conocen para reciclar la fracción orgánica de los RSM (Crespo *et al.*, 2006)

Según la Ley General De Residuos Sólidos (2000), citado por (Huaraca y Colaboradores, 2009), son aquellas sustancias, productos o subproducto en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer y dentro de su clasificación se encuentran los residuos domiciliarios (RD).

El compost y otros tipos de abonos orgánicos aplicados al suelo tienen el potencial de promover el control biológico de enfermedades de plantas. Estos abonos pueden introducir agentes de biocontrol al suelo y proporcionar alimento para su establecimiento y actividad. (Artavia *et al.*, 2010).

## **1.1 Objetivo**

Analizar la degradación de los residuos sólidos domiciliarios con diferentes dosis de humedad y su efecto en la calidad del producto final.

## **1.2. Hipótesis**

Los contenidos de humedad aplicados en el proceso de compostaje en residuos sólidos domiciliarios influyen en los elementos físico-químicos presentes que la composta.



## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Manejo de los residuos sólidos**

#### **2.1.1. Situación Actual de los Residuos Sólidos**

A lo largo de los últimos años el problema del manejo de los residuos sólidos se ha venido incrementando; no solo en volumen por el crecimiento poblacional que trae consigo, las transformaciones cualitativas que se han registrado en la composición de los residuos y por las implicaciones de carácter político y económico que necesariamente conlleva (Rojas y María , 2005).

De acuerdo al INEGI diariamente se generan 85,633 toneladas de basura por días en toda la república mexicana de esta cantidad el Distrito Federal en el 2005 contribuyó con 12,219 ton/día y en el 2006 con 11,990 ton/día producidos por 8,605,239 habitantes de población fija mas la población flotante que ingresa diariamente en la zona metropolitana del valle de México, de los cuales el 50% esta compuestos por residuos orgánicos y 34% de reciclables (Rojas y María, 2005).

Actualmente, según los recursos económicos y desarrollo tecnológico, los gobiernos de los países disponen de los medios para asegurar la salud y bienestar de sus habitantes. Además la composición de los residuos varía entre países y ciudades por ubicación geográfica, costumbres, capacidad adquisitiva, desarrollo tecnológico,

edad de la población, actividad económica, etc. Estas condiciones plantean sistemas de gestión de residuos diferentes para cada país o ciudad (Gómez, 2009). Los residuos sólidos domiciliarios representan un problema complejo, el cual una integra conceptos ambientales, económicos, institucionales y sociales (Vázquez, 2005).

Con el paso del tiempo, la población de cualquier ciudad o país consume una gran variedad de productos, generando con ello materiales no aprovechables o residuos que se van acumulando, originando un problema para la población. Antiguamente la generación de residuos no representaba una preocupación, pues la subsistencia se basaba en el consumo y uso de recursos naturales. Aunado a la poca población y a la continua emigración, los residuos generados no representaban un inconveniente. Al establecerse en un lugar e ir aumentando el número de habitantes, los residuos aumentaron también, generando con ello un problema de salud (Gómez, 2009).

La condición socioeconómica y los patrones de consumo urbano influyen directamente en la generación de residuos, siendo los sectores con más altos ingresos, los generadores del mayor volumen per cápita de residuos (Vázquez, 2005).

### **2.1.2. Importancia y Generación de los Residuos Sólidos**

El término residuo sólido se aplica a todo material de desecho excepto los residuos peligrosos, los líquidos y las emisiones atmosféricas. En esta última época el término de desecho sólido se refiere a aquellos que no son considerados como residuos

peligrosos. La problemática de los residuos sólidos, empezó cuando el hombre dejó de ser nómada, estableciéndose en un lugar fijo y debido a su alta capacidad para transformar su medio, empezó a producir desechos inorgánicos, los cuales no se degradan fácilmente (Capistran, 2000).

La generación de los residuos sólidos urbanos se ha incrementado de manera paralela al crecimiento de las ciudades y a la tendencia de la concentración de la población en los centros urbanos. La adopción de un estilo de vida semejante al modelo de las sociedades industriales ha contribuido también al aumento en la generación de residuos (Rodríguez y Ana, 2009).

La población de cualquier ciudad o país consume una gran variedad de productos, generando con ello materiales no aprovechables o residuos que se van acumulando, originando un problema para la población. Antiguamente la generación de residuos no representaba una preocupación, pues la subsistencia se basaba en el consumo y uso de recursos naturales, un testimonio de ello son los restos de huesos de animales y de conchas encontrados en cuevas habitadas por hombres del período neolítico. Aunado a la poca población y a la continua emigración, los residuos generados no representaban un inconveniente. Al establecerse en un lugar e ir aumentando el número de habitantes, los residuos aumentaron también, generando con ello un problema de salud. Posteriormente se tuvieron que implementar lugares para depositar los residuos o se incineraban a cielo abierto (Gómez, 2009).

Según los estudios realizados en el municipio de Torreón, indican que la generación domiciliar fue de 493.69 ton/día y de otras fuentes (comercios, industrias, escuelas, mercados, central de abasto, barrido, parques y jardines) de 148.11 ton/día. Lo anterior totaliza 641.8 ton/día con una población de 609,509 habitantes, lo que implica una generación de 1.053 kg/hab/día (SUSTENTA, 2009).

### **2.1.3. Minimización de los Residuos sólidos domiciliarios**

De acuerdo con Orccosupa (2002), menciona que la cultura del “úselo y tírelo” y la invención de nuevos materiales, la capacidad de autodepuración propia de la naturaleza se ha visto amenazada. Nadie duda que los materiales plásticos, metales, vidrios, detergentes, fertilizantes, entre otros sean útiles para el hombre. Sin embargo, la falta de mecanismos de control sobre su uso y la inexistencia de sistemas de recolección, reciclaje y disposición final adecuada, hacen que estos nuevos materiales se transformen en un problema para la sustentabilidad global del planeta. Producir más con menos, con el fin de evitar el sobre-consumo y agotamiento de recursos, debe ser una cualidad de los sistemas de gestión de los residuos sólidos domiciliarios (RSD).

Una prioridad fundamental es seguir una línea “anti contaminante”, es decir, la reducción o eliminación de residuos en origen. Reducir es la exigencia sustentable hoy, legalmente contaminar no es otra cosa que generar residuos por sobre las normativas ambientales establecidas y desaprovechar recurso. A partir de los años 90, la minimización de residuos ha cobrado una importancia creciente para las

empresas, los gobiernos y las comunidades. No es suficiente plantear medidas al final del proceso de manejo de los RSD (Orccosupa, 2002).

Altamirano y Cabrera (2006), dice que a largo de la historia, el hombre ha sido acompañado del problema de los residuos sólidos, para afrontarlo se recurre a las técnicas de minimización de residuos, las cuales constan de recolección y tratamiento. En cuanto a las técnicas que se utilizan tenemos: Segregación en la fuente, reciclaje, incineración, compostaje y centros recolectores; todas estas son alternativas para el relleno sanitario; sin embargo es necesario la aplicación de políticas e instrumentos económicos para el desarrollo sostenible.

## **2.2. Importancia de la generación de residuos sólidos**

### **2.2.1. Gestión de los Residuos Sólidos**

En sentido estricto, la gestión de residuos se suele definir como el conjunto de operaciones encaminadas a dar a los residuos producidos en una zona determinada el destino más adecuado desde el punto de vista económico y ambiental, según sus características, volumen, procedencia posibilidades de recuperación y comercialización, coste de tratamiento y normativa legal. Esta definición se vincula naturalmente con lo que podemos llamar un “enfoque post-consumo” de la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), que consiste en tomar como dada la cantidad y composición de residuos generados y establecer la combinación más apropiada de métodos para su tratamiento (André *et al.*, 2000).

La gestión de los residuos sólidos domiciliarios comprende un amplio número de organismos públicos sectoriales, no existiendo una institución formal con responsabilidades y competencias específicas sobre el conjunto del manejo de los residuos sólidos (Vázquez, 2005).

La gestión de los residuos sólidos domiciliarios ha sido abordada en variadas oportunidades por la opinión pública, la prensa, el gobierno, la comunidad entre otros. Sin embargo, sólo han desarrollado planes desde una óptica medioambiental, no sustentable desde el punto de vista económico. (Vázquez, 2005).

## **2.3. Composta**

### **2.3.1. Definición de composta**

El compostaje es una tecnología sencilla y económica para aprovechar toda clase de basura biodegradable: desechos de jardín o cocina, papeles, estiércol etc. con ayuda de microorganismos y de lombrices se produce tierra humos de los desechos orgánicos. Se puede aplicar a gran escala a nivel municipal empresarial o individualmente (Roben, 2002).

La composta, es un abono orgánico que aporta nutrientes y mejora la estructura del suelo. Para elaborar compost se puede usar prácticamente cualquier material, orgánico difiriendo únicamente en el tiempo de descomposición es decir que hacer composta es someter la materia orgánica a un proceso de transformación biológica

en el que millones de microorganismos actúan sin cesar para así obtener nuestro propio abono natural (Esteban, 2007).

Cruz *et al.*, (2009), menciona que los beneficios del abono orgánico es evidente, la composta mejora las características del suelo, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana.

Para la elaboración de la composta doméstica se requiere de un área de fácil acceso, a cierta distancia del hogar para evitar problemas en el caso de un deficiente procesamiento de la composta que genere malos olores o traiga fauna indeseable, puede ser en un patio, jardín o un huerto con el espacio necesario de acuerdo a la cantidad de residuos generados, (Rodríguez y Córdova, 2009).

## **2.4. Mineralización**

### **2.4.1. Mineralización de la Materia Orgánica**

La mineralización de la materia orgánica es un factor de suma importancia en el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, puesto que a través de este proceso se reciclan nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre y dióxido de carbono. En este proceso influyen el clima, la mineralogía de las arcillas, en los estados de los nutrientes del suelo, la actividad de la biota edáfica y la calidad de los recursos en descomposición (León *et al.*, 2006).

Para llevar a cabo la mineralización de los residuos orgánicos, los suelos contienen una gran cantidad de microorganismos que se caracterizan por su capacidad para provocar la descomposición de la materia orgánica (M.O.) y en consecuencia liberan elementos nutritivos en forma asimilables para las plantas (Moreno, 2005).

#### **2.4.2. Composición de la Materia Inicial**

El tipo de materia inicial seleccionada en el proceso de compostaje incide en la calidad del producto final obtenido, por lo que se hace necesario un análisis previo que permita establecer características específicas del mismo (Silva *et al.*, 2000).

#### **2.4.3. Tamaño de Partículas**

El tamaño de las partículas influyen en la densidad, la fricción interna, las características del flujo, las fuerzas de arrastres de los materiales, en la transferencia de oxígeno y en la velocidad de las reacciones bioquímicas. Las partículas de tamaño grande promueven espacios abundantes por lo cual se dan pérdidas significativas de humedad y de menor transferencia de oxígeno lo que disminuye actividad microbológica. Un tamaño excesivamente pequeño de partícula origina problemas de compactación impidiendo una adecuada ventilación (Silva *et al.*, 2000).

#### **2.4.4. Mezcla e Inoculación**

Silva *et al.*, (2000), Menciona que Los materiales seleccionados deben ser homogenizados de manera manual o mecánica, para asegurar la igualdad de condiciones del proceso. Se hace necesario verificar a través de análisis de



laboratorio si la mezcla cumple con las condiciones de relación C/N y humedad establecida.

El tamaño de partícula deseable y recomendado por (Silva *et al.*, 2000), está en el rango de 1 cm a 5 cm en el caso de los residuos sólidos estas deben de ser molidos para llevarlos al tamaño deseado.

#### **2.4.5. Humedad**

El control de humedad es un factor importante en el desarrollo del proceso de compostaje ya que incide en el crecimiento bacteriano, debido a que los microorganismos requieren agua para cumplir con sus necesidades fisiológicas y no pueden sobrevivir en ausencia de esta. El contenido óptimo de humedad de los materiales para el compostaje es 50-60%. Cuando el contenido de humedad está por debajo del 30% en peso, las reacciones biológicas en una pila de compost se retardan considerablemente la elevación de temperatura esta se limita; por debajo del 12% cesa prácticamente toda actividad biológica, Siendo el proceso extremadamente lento. En contraste una humedad superior al 60% causa la saturación de la materia orgánica, todos los espacios vacíos son ocupados por el agua, desencadenando olores desagradables, descenso de la temperatura, lavado de nutrientes y prevalecen condiciones anaeróbicas. (Silva *et al.*, 2000).

Se necesita una humedad entre 40-60% para asegurar una biodegradación optima Si es demasiado seco el material, se para el proceso de biodegradación; si es

demasiado húmedo, se transforma el proceso en putrefacción anaeróbica incontrolada (Roben, 2002).

#### **2.4.6. Temperatura**

La temperatura de los materiales sometidos a compostaje sufre alteraciones durante las diferentes fases del proceso debido a la interacción de diferentes grupos de microorganismos. En pocos días, de dos a seis, se llega a temperaturas mayores de 45 °C ya que el metabolismo de los microorganismos es exotérmico, por lo tanto en el proceso de descomposición hay liberación de calor originándose un aumento de la temperatura. En el proceso de compostaje, la mayoría de los microorganismos se desarrollan a temperaturas entre 35 y 55 °C. Al alcanzar temperaturas entre 60 – 70 °C, se garantiza la eliminación de semillas de malezas y muchos patógenos que están presentes en el Material a compostar. (Silva *et al.*, 2000).

#### **2.4.7. Aireación**

La aireación es imprescindible si el proceso tiene que ser aeróbico. El contenido de oxígeno del aire en la matriz del residuo no debe situarse nunca por debajo del 5 ó 7%. Los microorganismos consumen oxígeno durante la degradación del material, que tiene que ser repuesto, ya que es fundamental para mantener las condiciones aerobias (Barrena, 2006).

Pérez *et. al.*, (2009). Dice que el compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada.

#### **2.4.8. pH**

El valor del pH óptimo para el compostaje está entre 6.5 y 8.0. Si el grado de descomposición no es adecuado, el pH puede caer a valores entre 4 a 5, retrasándose el proceso. (Silva *et al.*, 2000).

El pH del material fermentado varía en el desarrollo del proceso durante los primeros días del compostaje el pH cae a 5 o menos. Durante esta etapa el material orgánico se encuentra a temperatura ambiente, comienza la reproducción de microorganismos mesofílicos y sube rápidamente la temperatura. Entre los productos de esta etapa inicial están los ácidos orgánicos simples que causan la caída del pH. Después de aproximadamente tres días, la etapa llega a la temperatura termofílica y el pH debe subir de 8 a 8.5 unidades. Este puede caer ligeramente durante la etapa de enfriamiento y llega a un valor entre 7 a 8 en el compost maduro (Silva *et al.*, 2000).

#### **2.4.9. Relación C/N**

En el proceso de compostaje el carbono es la fuente de energía utilizada por los microorganismos para la activación de sus procesos metabólicos, mientras que el nitrógeno, es el material básico para la síntesis de material celular, por lo tanto la relación C/N es uno de los aspectos más importantes en el balance nutricional de la composta. Es deseable que la relación C/N este en el rango de 25:1 a 50:1 en la mezcla inicial. La relación C/N se considera como un indicador del grado de avance del proceso, así al inicio del proceso esta relación debe ser del orden 30:1 y al final

cuando se alcanza la maduración de la composta puede ser de 10:1 (Silva *et al.*, 2000).

#### **2.4.10. Proceso del Composteo**

Cuando no se cuenta con una mezcla adecuada de desechos orgánicos, el proceso de composteo es lento y el producto final es una material de baja calidad. Para evitar esto se pueden adicionar otros materiales que mejoran la composición química y la estructura de las mismas dichos son materiales son (Torres, 1999)

**Activadores.** Son sustancias que estimulan la descomposición; contienen una gran cantidad de proteínas y aminoácidos, como son los estiércoles y los desechos orgánicos; en general; en este grupo figuran el sulfato de amonio, la urea y otros fertilizantes nitrogenados comerciales. **Inoculantes.** Estos son cultivos especiales de las bacterias o medios donde se encuentran los organismos encargados de la descomposición de la materia orgánica. **Enriquecedores.** Son fertilizantes comerciales incorporados al proceso incorporado al proceso; la cantidad de nutrientes contenidos en la composta se mejora obteniendo un mejor producto para las plantas.

#### **2.4.11. Etapas del Proceso Del Compostaje**

La etapa **mesofílica** es el inicio del proceso de compostaje, en el que existe una temperatura ambiental que comienza a incrementarse aparejado a una disminución del pH, se produce el desarrollo mesofílica predominando las bacterias, levaduras, mohos y actomicetos mesofílicos que se desarrollan entre 20 y 24 °C de temperatura, se descomponen con rapidez los azúcares, el almidón las proteínas y las grasas

liberando gran cantidad de energía, lo que conlleva a que se multipliquen rápidamente los microorganismos y se eleva la temperatura en el interior de la pila llegando a más de 50 °C en un corto tiempo. Segunda etapa donde se desarrollan los microorganismos **Termofilicos** se alcanza el pico de temperatura, predominando las bacterias y los actinomicetos termofilicos la temperatura a la cual se llega entre 60 y 70 °C y el pH se incrementa hasta la alcalinidad. una vez superada la fase **termofilica** comienza a agotarse el material biodegradable, se produce un enfriamiento ya que se reduce la temperatura producto del agotamiento de la fuente de carbono fácilmente descomponibles, reaparecen los microorganismos **mesofilicos**, los hongos atacan los compuestos menos reactivos disgregándolos en azúcares más simples; al término del periodo de enfriamiento la mayor parte del suministro de alimentos a desaparecido y comienza la competencia entre los microorganismos, se producen complejas reacciones de condensación que conducen a compuestos estables y complejos conocidos como humus o ácidos húmicos, liberándose antibióticos e introduciéndose microorganismos como gusanos y otros que actúan en esta última etapa de maduración (Vento, 2000).

#### **2.4.12. Estabilidad de la Composta**

Está relacionada con el grado de descomposición de la materia orgánica y puede ser expresada como una función de la actividad microbiana en el composta, que se evalúa por pruebas respirométricas (Artavia *et al.*, 2010).

#### **2.4.13. Madurez de la Composta**

La madurez se refiere al grado de descomposición de los compuestos fitotóxicos orgánicos producidos durante la fase de composteo y se evalúa a través de bioensayos con plantas indicadoras (Artavia *et al.*, 2010).

#### **2.4.14. Calidad de la Composta**

La calidad final de una composta está influenciada por el tipo de material que se composta, por el desarrollo del proceso de compostaje, por la procedencia del material, por el tipo de recolección, y por el tratamiento que se le dio al residuo (Barrena, 2006). La calidad no solamente se ha de controlar en el producto final, ya que esta dependerá totalmente de los controles que se realicen tanto en las materias primas, como durante y el proceso y el producto final (Barrena, 2006).

### **2.5. Suelo**

#### **2.5.1. Nitrógeno**

El nitrógeno es un elemento que se encuentra en los organismos vivos y en los componentes abióticos del planeta. El Nitrógeno se encuentra dentro de los compuestos inorgánicos y compuestos orgánicos y muchos de estos compuestos son líquidos y sólidos (Pérez *et al.*, 2009).

#### **2.5.2. Porosidad**

La porosidad de un material sólido es la fracción de volumen vacío respecto al volumen total, y se entiende como espacio vacío el volumen que no está ocupado por la fracción sólida del residuo. Si el residuo carece de porosidad debe ser

acondicionado con material estructurante ya que es importante operar en condiciones de trabajo que faciliten la existencia de poros (Barrena, 2006).

## **2.6. Educación Ambiental**

### **2.6.1. Importancia de la educación ambiental**

La educación ambiental se desarrolla en un contexto más amplio que rebasa las aulas para alcanzar comunidades de vecinos y grupos de ciudadanos que estén interesados en cuidar activamente el ambiente local y regional. Una educación enfocada a fomentar la conciencia sobre los procesos de degradación ambiental y acciones básicas para proteger los recursos y ecosistemas. La educación ambiental debería ser un método para que las personas puedan percibir esta realidad ambiental compleja, a partir del cual se puede reflexionar y adaptar compartimientos sociales más sensibles al uso de los recursos naturales. Brinda acceso a información y conocimientos pertinentes, promueve cambios de actitudes, habilidades y competencias que se requieren para que los hombres tengan una relación positiva con su entorno ambiental (Bernache, 2005).

### **2.6.2. Que es la Basura**

La palabra basura significa para mucha gente algo feo, algo que carece de valor y de lo que hay que deshacerse lo más pronto posible. De esta manera lo útil, no siempre se convierte en un estorbo y es causa del problema de cómo desentendernos de lo que consumimos o producimos (Mora, 2004).

### **2.6.3. Reciclaje y Reutilización**

El reciclaje es un método de manejo de residuos sólidos que disminuye su cantidad ya que de otra manera serían quemados o abandonados en un vertedero de basura o relleno sanitario. Por medio del reciclaje los individuos y la sociedad pueden extender el valor y utilidad de los recursos y promover la calidad ambiental (Ponte, 2008). La reutilización de materiales desechados es la utilización directa de un producto o material sin cambiar su forma o función básica (Duverge, 2005).

### **2.6.4. Impacto Ambiental**

En México la cuestión en educación ambiental es inadecuada ya que no se actualiza de acuerdo a las exigencias del país ni a los avances científicos y tecnológicos, ni a las graves problemáticas ambientales surgidas a finales del siglo XX. Para tener un ambiente limpio y seguro es necesario que se efectúen programas de concientización para el manejo de los RS creando una cultura ambiental (Rojas, y Orta 2005).

La contaminación del medio ambiente es un problema de gran impacto en todo el mundo. Hoy en día, los altos niveles de generación de residuos en las grandes ciudades y en las comunidades rurales, por ejemplo en los hogares, las industrias y los negocios, traen como consecuencia la contaminación de los ríos y el aire (Abubacar *et al.*, 2008).



## **2.7. Agroecología**

### **2.7.1. La agroecología como una disciplina**

La Agroecología provee el conocimiento y metodologías necesarias para desarrollar una agricultura que por un lado sea ecológicamente buena, y por el otro presente alta productividad y sea económicamente viable (Gliessman, 2002).

Tradicionalmente la agroecología surgió como una disciplina analizando las relaciones puramente ecológicas en los agroecosistemas, desde las relaciones suelo-planta, suelo-enfermedades, planta-insecto, planta-planta, cadenas tróficas considerando ocasionalmente el papel que tiene el productor en el manejo de los sistemas de producción (Ruiz, 2006).

### **2.7.2. Desarrollo sustentable**

El término desarrollo sostenible, se popularizó en el documento: nuestro futuro común, preparado por la comisión Brundtland en 1987. Dicha comisión establecía que mientras el crecimiento económico es esencial para satisfacer las necesidades humanas básicas, el desarrollo sostenible implica compatibilizar dicho crecimiento con la protección de los recursos naturales y la capacidad de carga al medio ambiente (Orccosupa, 2002).

## **2.8. Legislación y Normatividad**

### **2.8.1. Antecedentes**

En octubre del 2003 se publicó la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) en donde se establecen los principios básicos para la

formulación de la política ambiental para la prevención y gestión integral de los residuos (SUSTENTA, 2009).

### **2.8.2. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos**

Tiene por objeto regular la generación y manejo integral de residuos peligrosos, establecer bases para el manejo de residuos urbanos y de manejo especial, así como las bases para aplicar principios de valorización, responsabilidad compartida y manejo integral de residuos sólidos en el país. En materia de residuos sólidos, se encuentran las disposiciones que se relacionan a continuación

El artículo 9 menciona que las entidades federativas tienen como principales facultades (artículo 9), en su fracción:

I. “Formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos así como elaborar el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y el de Remediación de Sitios Contaminados con éstos”

II. Expedir reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas para regular el manejo integral de los residuos peligrosos, su clasificación, prevenir la contaminación de sitios o llevar a cabo su remediación cuando ello ocurra;

III. Expedir reglamentos, normas oficiales mexicanas y demás disposiciones jurídicas para regular el manejo integral de los residuos de la industria minero-metalúrgica (Sustenta, 2009).

### **2.8.3. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente**

Esta ley establece la distribución de competencias federal, estatal y municipal, de planeación en materia de residuos sólidos, por lo tanto en el apartado número dos en el artículo 135 determina como criterios para prevenir y controlar la contaminación del suelo: la ordenación del desarrollo urbano; la operación de los sistemas de limpia y de disposición final de residuos municipales en rellenos sanitarios y el manejo de residuos peligrosos (SUSTENTA, 2009).

### **2.8.4. Normas Oficiales Mexicanas Relativas al Manejo y Disposición Final de Residuos Sólidos**

Existen diversas normas oficiales mexicanas relacionadas al manejo y gestión integral de residuos sólidos urbanos son.

NMX-AA-015-1985., NMX-AA-016-1984; NMX-AA-18-1984; NMX-AA-019-1985; NMX-AA-021-1985; NMX-AA-022-1985; NMX-AA-24-1984; NMX-AA-25-1984; NMX-AA-033-1985; NMX-AA-052-1985; NMX-AA-61-1985; NMX-AA-067-1985; NMX-AA-068-1986; NMX-AA-080-1986; NMX-AA-92-1984; NMX-AA-094-1985; NOM-083-SEMARNAT-2003 y NOM-098-SEMARNAT-2004 (SUSTENTA, 2009).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Localización geográfica de la comarca lagunera**

El municipio de Torreón se localiza en la parte suroccidental del Estado de Coahuila, en las coordenadas 103°26'33" longitud Oeste y 25°32'40" latitud norte. Limita al este con los municipios de Matamoros y Viesca, y al Oeste con el Estado de Durango. Su cabecera municipal es la Ciudad de Torreón, la cual se encuentra en la porción norte del municipio. Se localiza a una distancia aproximada de 265 kilómetros de la capital del estado (SUSTENTA, 2009)

#### **3.2. Clima de la comarca lagunera**

El clima de la Comarca Lagunera es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, con una precipitación pluvial promedio entre 200 y 300 mm anuales en la mayor parte de la región y de 400 a 500 mm en la zona montañosa Oeste, con una evaporación anual de 2600 mm y una temperatura media de 20 °C. En el área de llanura y gran parte de la zona montañosa, presenta dos periodos bien definidos de temperatura, el periodo comprende 7 meses de abril a octubre, en los que la temperatura media mensual varían 3.6°C. Los meses más fríos son diciembre, enero y en los últimos meses febrero registrándose en este último, el promedio de temperatura más bajo de 5.8 °C aproximadamente (Miguel, 2009).

#### **3.3. Localización del experimento**

El proyecto se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, ubicada en periférico y carretera Santa Fe en Torreón, Coahuila México, específicamente en el área del departamento de agroecología.

### **3.4. Descripción del experimento**

#### **3.3.1. Método de muestreo**

Se seleccionaron 30 casas al azar en la Colonia Fidel Velásquez en la ciudad de Torreón Coahuila. Las bolsas con basura domiciliaria se colectaron los días lunes, miércoles y viernes, en los que pasa el camión recolector de basura, las muestras se tomaron de las 8:00 a 10:00 hrs, en las casas seleccionadas para el estudio. La recolección de las muestras de basura domiciliaria se realizó del 18 al 27 de mayo del 2010, es decir; cada casa fue muestreada en seis ocasiones.

Los días que se recolectaron las muestras, se separó la materia inorgánica (Polietileno, cartón, y vidrio) de la orgánica (cascarás de frutas, hojas, pasto, y residuos de cocina) utilizando esta última para la presente investigación. Al final de la separación y selección del material, se homogenizó y se distribuyó en las parcelas de estudio con un peso 10 kg cada una.

Las muestras se colocaron en parcelas directamente en el suelo, para ello se trazaron 12 unidades experimentales utilizando un fluxómetro y madera, con la finalidad de delimitar el área a 1 m<sup>2</sup> cada una. El espacio entre cada parcela fue de 0.4m colocadas las muestras se taparon con plástico negro.

#### **3.3.2. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones, obteniendo un experimento con 12 muestra de materia orgánica como se describen a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de las muestras en el diseño completamente aleatorizado (DCA). T, se refiere al tratamiento y R, a la réplica.

<b>T<sub>1</sub>R<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>1</sub>R<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>1</sub>R<sub>3</sub></b>
<b>T<sub>1</sub>R<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub>R<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>2</sub>R<sub>3</sub></b>
<b>T<sub>3</sub>R<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>3</sub>R<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub>R<sub>3</sub></b>
<b>T<sub>4</sub>R<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>4</sub>R<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>4</sub>R<sub>3</sub></b>

Los tratamientos consistieron en el volumen de agua que se le aplicó a cada una de las repeticiones (Cuadro 2). Las parcelas se regaban cada tercer día con recipientes plásticos aforados a la cantidad por aplicar. La materia orgánica se removía cada tercer día con un bieldo de cuatro puntas marca Truper para homogenizar la materia y distribuir uniformemente el nivel de humedad.

Cuadro 2. Descripción de la cantidad de agua que se le aplicó a cada tratamiento en el composteo de residuos sólidos de origen domiciliarios.

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción (Litros)</b>
T <sub>1</sub>	0
T <sub>2</sub>	1
T <sub>3</sub>	2
T <sub>4</sub>	3

Las variables se determinaron en el laboratorio de suelos del CENIT- RASPA, INIFAP ubicado en Gómez palacio Durango. Y las demás variables físicas como temperatura y tiempo de degradación se midieron durante el transcurso del experimento

### **3.5. Variables de estudio**

#### **3.5.1 Variables físicas**

##### **a) Tiempo de degradación**

El tiempo de degradación se midió tomando desde el primer día en que se colocaron las muestras en sus respectivas parcelas. Los indicadores a considerar fueron el olor y el color, hasta que estos se dejaran de percibir (Altamirano y Cabrera, 2006). Para esto se cogía un puñado de la materia como muestra, cada siete días, con la finalidad de percatarse del color y olor en el material, esto se dejó de hacer cuando el indicador color se homogeneizó y el olor desapareció como consecuencia de la obtención del producto final, la composta.

##### **b) Temperatura**

La temperatura se tomó diariamente por las mañanas a las 9:00 hrs y en las tardes a las 18:00 hrs con un termómetro digital de la marca Chaney, para obtener la temperatura promedio.

### **3.5.2 Variables químicas**

#### **a) Materia orgánica**

El procedimiento para la determinación de materia orgánica de composta se realizó pesando 5g de composta y colocándolo en un matraz Erlenmeyer de 125ml, posteriormente se agregaron 50ml de solución de KCl 2N agitándolo por 60 minutos en un agitador de acción recíproca regulado a 180 RPM la centrifugación fue durante 5 minutos. Posteriormente se le agregaron 10ml de solución  $H_3BO_3$  como indicador, el matraz se conectó a un tubo de salida del refrigerante de modo que este quede en contacto con el líquido, se continuó pipeteando con una alícuota de 10 a 20ml del extracto del suelo colocándolo en un matraz de destilación agregándole 0.2g de aleación de devarda el aparato de destilación se conectó y se dejó destilar hasta completar aproximadamente 30ml en 3-4 minutos por último se tituló la muestra y los blancos (se preparan de forma similar a las muestras) con ácido sulfúrico 0.005 N. en el punto final el color cambia a verde a rosa tenue. El contenido de materia orgánica se expresó en porcentaje de acuerdo a la (NOM-021 RECNAT-2000).

#### **b) Potencial de hidrógeno (pH)**

Se calibró el aparato de medición con las soluciones estándares y se procedió con las medidas de los tratamientos, primeramente se pesaron 10g de composta colocándolos en un frasco de vidrio de boca ancha, posteriormente se adicionaron 20ml de agua destilada, la mezcla de composta se agitó durante 30 minutos manualmente con una varilla de vidrio y se dejó en reposo durante 15 minutos, se agitó la suspensión y se introdujo en el electrodo esperando a que se estabilizara



para tomar la lectura Los resultados se interpretaron de acuerdo a la (NOM-021-RECNAT-2000).

**c) Conductividad eléctrica (C.E.)**

Esta variable se determinó mediante el conductímetro directamente de los extractos obtenidos de las muestras de compostas. Se lavó y llenó la celda de conductividad con solución de KCl posteriormente se ajustó el medidor de conductividad para leer la conductividad estándar de la solución de KCl, por último se lavó y llenó la celda con extracto de saturación del suelo leyendo la conductividad eléctrica del extracto corregido a una temperatura de 25 °C. Los resultados se interpretaron de acuerdo a la (NOM-021-RECNAT-2000).

**d) Nitrógeno Total**

La determinación del nitrógeno total en la composta se realizó colocando una muestra de composta previamente tamizada aproximadamente 1mg de N en un frasco micro-Kjeldahl adicionándole 1.1g de mezcla de catalizadores  $K_2SO_4$ , 3ml de ácido sulfúrico concentrado, calentándolo en la unidad digestora a temperatura media alta hasta que el digestado se tornó claro, la muestra permaneció en este estado por 1 hora a partir del momento en que se torne claro la temperatura una vez completada esta fase se dejó enfriar el frasco y se le agregó agua para colocarlo en suspensión mediante agitación, se decantaron las partículas de sílice para evitar la precipitación de cristales de sulfato de amonio, el contenido líquido se vertió a la cámara de destilación del aparato, lavando el matraz de digestión con pequeñas porciones de agua se colocó en el tubo de salida del aparato de digestión ocupando

un matraz Erlenmeyer de 125ml conteniendo 10ml de solución  $H_3BO_3$  + indicadores de manera cuidadosa se adiciona 10ml de NaOH 10N de modo que la sosa se deposite en el fondo de la cámara de destilación se conecta el flujo de vapor y se inició la destilación hasta que el volumen alcanzó la marca de los 75ml en el frasco Erlenmeyer y por último se determina el nitrógeno amoniacal presente en el destilado titulando con el ácido sulfúrico 0.01ml, hasta que se observó el cambio de color de verde a rosado fuerte. El contenido de nitrógeno total se expreso en porciento de acuerdo a la (NOM-021-RECNAT-2000).

### **3.6. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los resultados obtenidos se realizó mediante el paquete estadístico experimental SAS 6.12 con plataforma para Windows, y así determinar el efecto de los tratamientos evaluados.

Si el nivel de significancia fue mayor o igual al 0.95, es decir existe diferencia estadística significativa, se emplea la prueba de comparación de medias de Tukey.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 Tiempo de degradación

Se registraron tiempos de degradación desde los 54 a los 73 días, el tratamiento con menor tiempo de degradación promedio fue el Tratamiento 1, con 54 días, y el mayor tiempo promedio registrado se obtuvo en el Tratamiento 3 con 63 días (Figura 1), El ANAVA (Anexo 1) no mostró diferencia estadística significativa. En trabajos similares (Rodríguez *et al.*, 2009) se han registrado tiempos de degradación para la materia orgánica en residuos domésticos de 56 días estando dentro del rango de tiempo obtenido, por lo cual el presente trabajo ha reducido, aun que no significativamente, los tiempos de degradación.

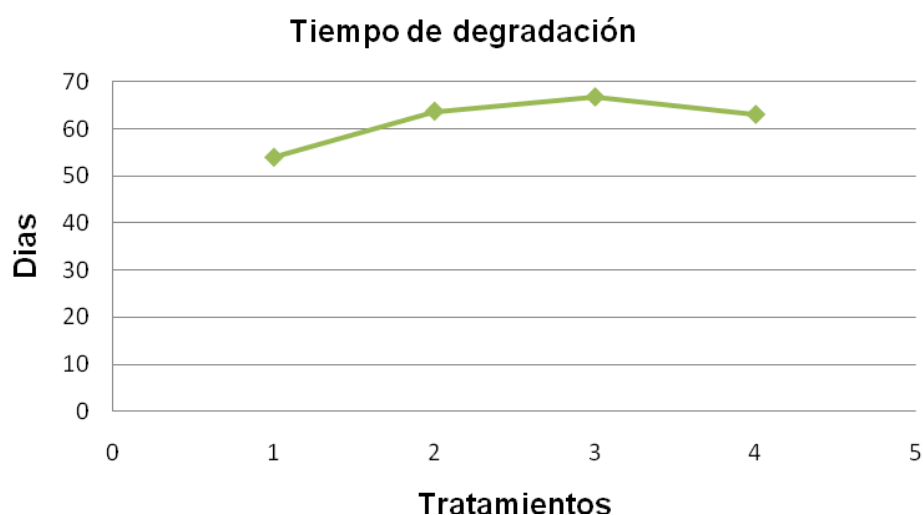


Figura 1. Tiempo promedio de degradación de la M.O. por tratamiento (Días)

## 4.2. Temperatura

La temperatura media semanal más baja registrada fue de 32.26 °C (Figura 2) en el Tratamiento 4 algunos autores (Pérez *et al*, 2009) registraron temperaturas en intervalos de 35-55 °C, lo que indica que la menor temperatura media obtenida en el presente trabajo está por debajo, sin embargo, el ANAVA para esta variable no mostró diferencia estadística significativa (Anexo 2) por tal motivo puede decirse que se encuentra en los rangos obtenidos en anteriores estudios (Barrena, 2006; Pérez *et al.*, 2009) y esto permitirá una degradación eficiente de la materia orgánica de origen domestico para la obtención de composta.

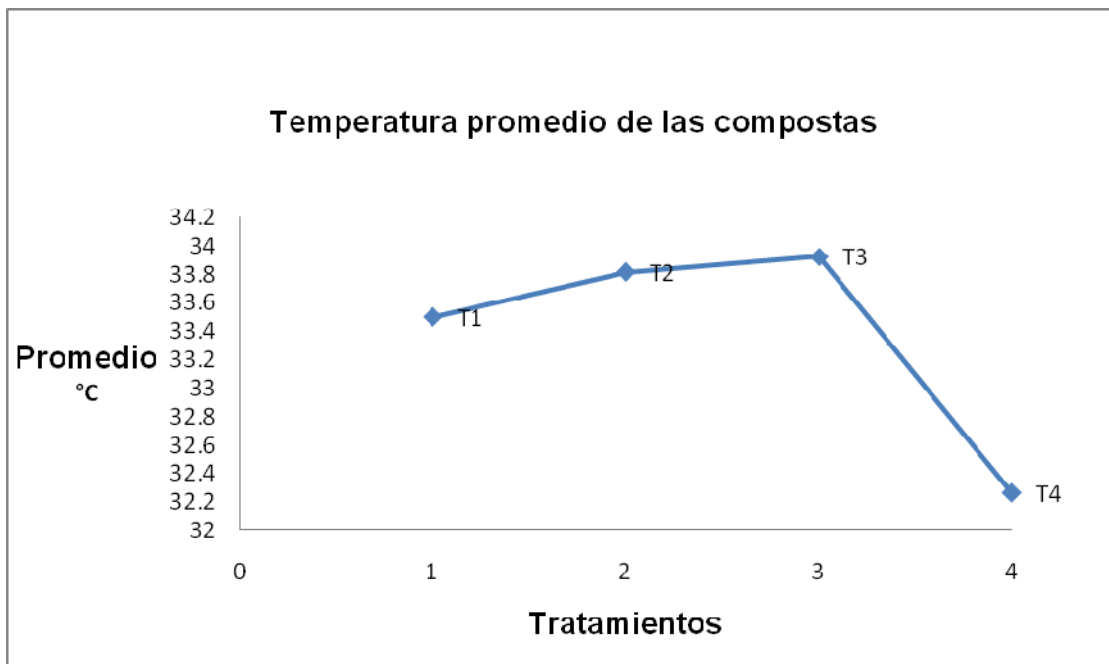


Figura 2. Temperatura promedio registrada en el proceso de composteo de residuos sólidos domiciliarios.

### 4.3. Materia orgánica

Para el caso de materia orgánica el Tratamiento 3 presentó el mayor contenido con 5.723 %. El ANAVA para esta variable no muestra diferencia significativa (Anexo 2). Un estudio similar (Vento, 2000) asegura que el rango óptimo de materia orgánica es de 24%, en contraste con el trabajo realizado donde se observa que los tratamientos que presentaron mejor porcentaje de M.O. fueron el Tratamiento 1 y Tratamiento 3 (Figura 3) por lo tanto la composta obtenida presentó deficiencias en porcentaje de materia orgánica.

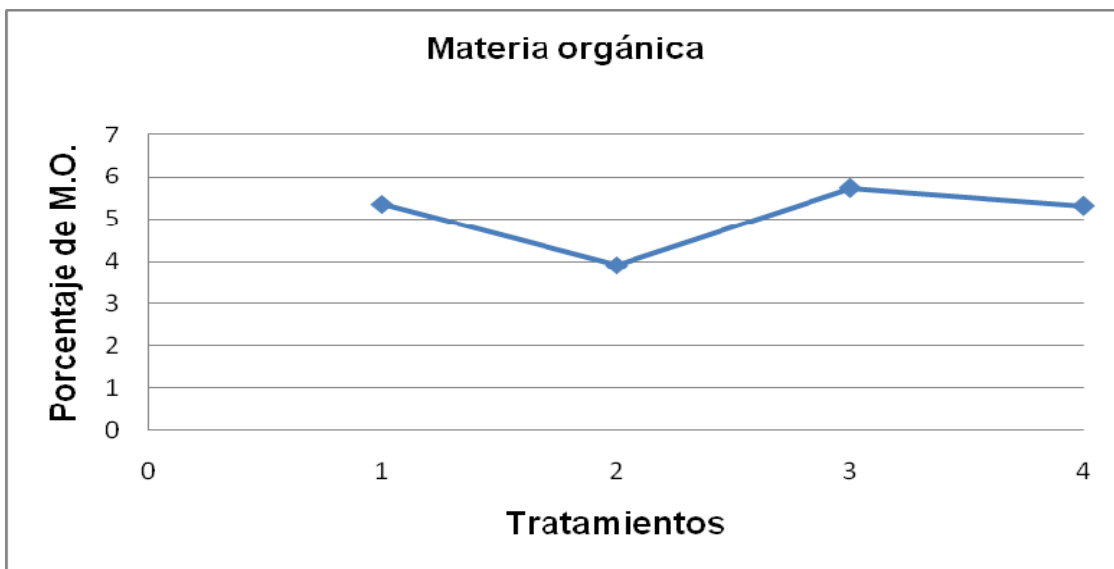


Figura 3. Porcentaje de M.O. en la composta de residuos sólidos de origen domiciliarios.

#### 4.4 Potencial de Hidrógeno

Los rangos promedios de pH obtenidos oscilan entre los 7.16 y los 7.43 (Figura 4). El ANAVA para la variable potencial de hidrogeno no mostró diferencia significativa (Anexo 3). Barrena (2006) asegura que los valores óptimos de pH que una composta debe de alcanzar van de 7 a 7.5 ya que en este rango se encuentra una extensa población microbiana, en ese sentido, los rangos de pH obtenidos de la composta en el presente trabajo se consideran ideales para la transformación de los residuos domiciliarios.

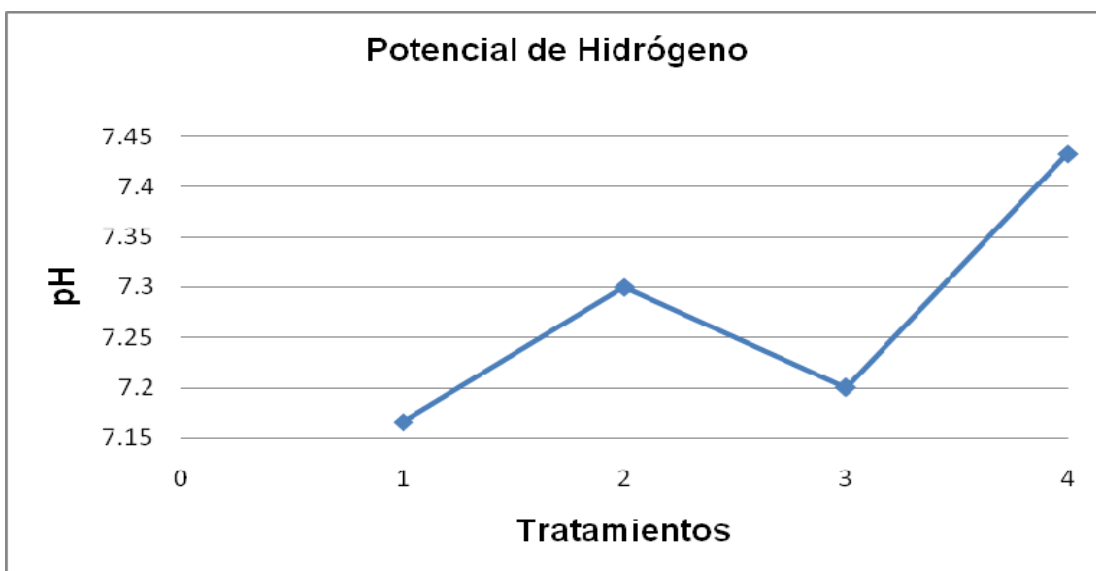


Figura 4. Potencial de hidrogeno promedio para los residuos sólidos de origen domiciliarios con una dosificación de agua de 3 litros cada tercer día.

#### 4.5 Conductividad eléctrica (C.E.)

Para el caso de conductividad eléctrica se presentó un valor máximo de  $1.226 \text{ mSm}^{-1}$  en el Tratamiento 1 (Figura 5), en contraste a lo reportado por Crespo y colaboradores (2006) donde se menciona que una conductividad eléctrica apropiada puede llegar alcanzar  $4.22 \text{ mSm}^{-1}$ , en ese sentido la salinidad expresada en CE para la composta se reduce considerablemente. No obstante, el ANAVA no presentó diferencia significativa entre tratamientos (Anexo 7)

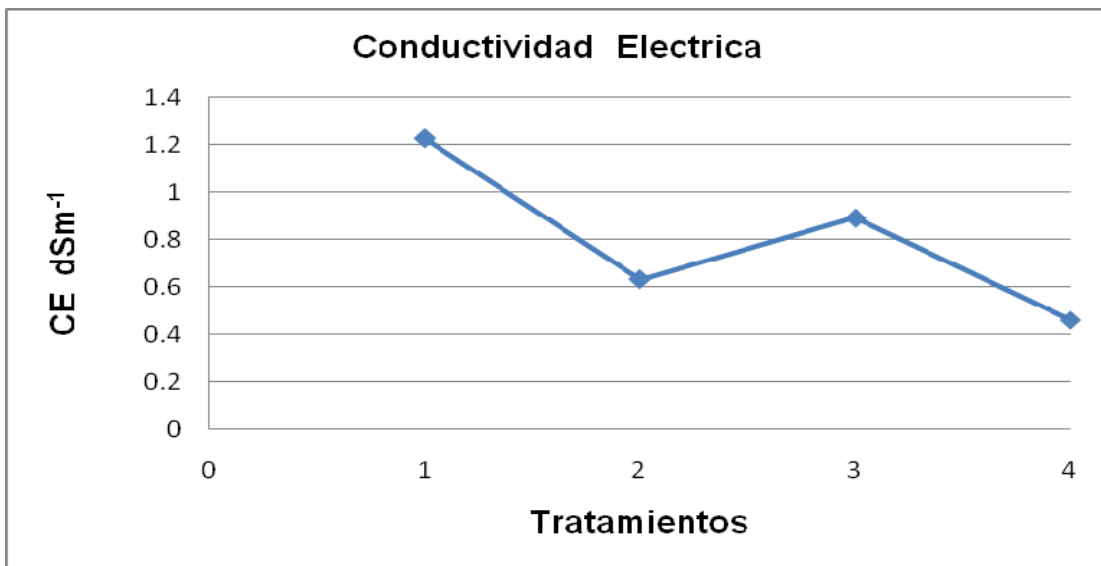


Figura 5. La variable conductividad eléctrica en el proceso de compostaje de residuos sólidos de origen domiciliarios con ninguna dosificación de agua.

#### 4.6 Nitrógeno total

El Nitrógeno total presentó un valor máximo de 0.3888% en el Tratamiento 3 como se aprecia en la Figura 6, los resultados obtenidos del análisis de varianza no registraron diferencia significativa (Anexo 7). Se ha registrado (Sauri *et al.*, 2002) que el porcentaje de nitrógeno total en una composta es de 2%, sin embargo, los resultados obtenidos en el presente experimento de nitrógeno total son pobres, una explicación podría ser al consumo de carbono y a la combinación de temperaturas, el nitrógeno se pierde mayormente por la volatilización del amoníaco o cuando el pH se encuentra arriba de 7.5 por lo tanto la composta presentó un bajo contenido de Nitrógeno.

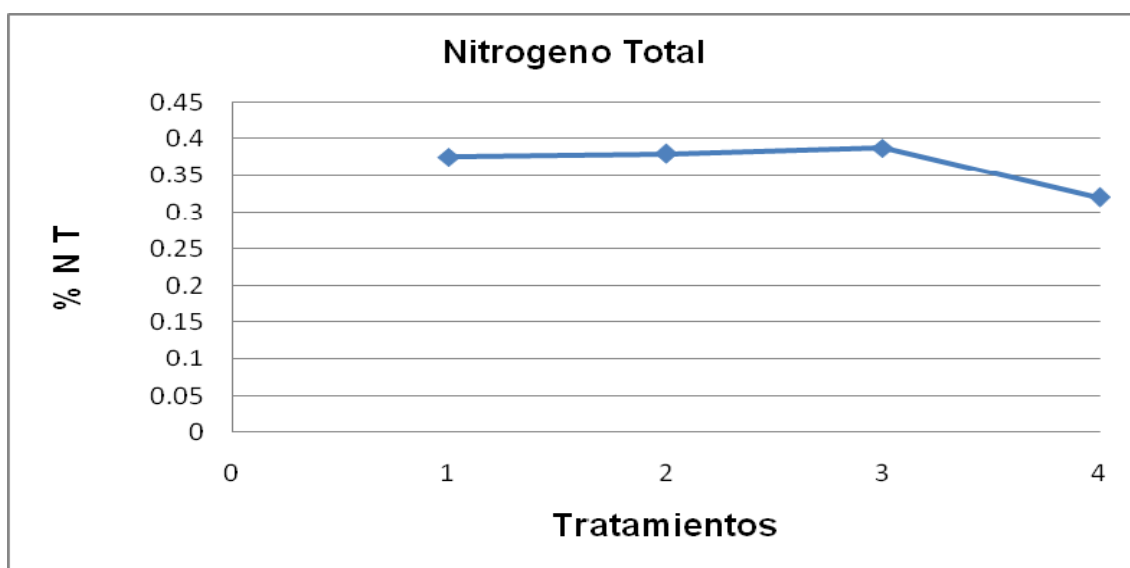


Figura 6. Porcentaje de Nitrógeno total promedio en el compostaje de residuos sólidos de origen domiciliarios con diferente dosificación de agua cada tercer día.



## V. CONCLUSION

La descomposición de material orgánico en una pila de composta depende de mantener la actividad de descomposición de los microbios, para lo cual es necesario tener en consideración la aireación, humedad, tamaño de partículas y abonos. En este caso, podemos establecer que el efecto de los tratamientos (niveles de humedad) no interfiere en los elementos físico-químicos presentes en la composta, y aunque podría considerarse al Tratamiento 1 como la mejor respuesta al no emplear agua, se observa que el Tratamiento 3 presentó los valores de nutrición más favorables, por tal motivo es el más rico en elementos presentes.

La hipótesis planteada se rechaza, pues en ningún caso se presenta diferencia significativa, es decir, que la humedad no determina la calidad del producto.

Por otra parte se considera importante destacar que el proceso de compostaje de residuos sólidos domiciliarios es una estrategia para la reducción de basura municipal, así como también una herramienta de salud, al ser este un foco de contaminación latente.

Sin embargo, dado a los pobres valores de fertilidad que se obtuvieron, se propone que en próximos ensayos se generen mezclas con otros residuos, tales como estiércoles o bien otros residuos municipales, que enriquezcan la calidad nutricional. Además, que los niveles de humedad durante el proceso se vigilen sigilosamente como otro tema de interés, y en ese sentido una opción que puede resultar viable puede ser el agua procedente de la planta tratadora municipal.

## VI. LITERATURA CITADA

- André, J. F., y Emilio, C., 2000. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos Análisis Económico y Políticas Públicas. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. p.3
- Altamirano, F. M. y Carlos C. C., 2006. Estudio Comparativo para la Elaboración de Compost por Técnica Manual. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. Vol.9, N°17. pp.2, 3,6
- Artavia, S., Lidieth, U., Francisco, S., Luis, F. A., y Leida, C., 2010. Efecto de la Aplicación De Abonos Orgánicos En La Supresión de *Pythium myriotylum* en Plantas de Tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*), Universidad De Costa Rica. San José Costa Rica. pp. 18-19.
- Abubacar, I. J, A. J, Y., 2008. Gestión Administrativa para un Programa de Manejo de Desechos en Comunidades Rurales. Tierra Tropical. Vol. 4. p. 2.
- Bernache, P. G., 2005. Educación Ambiental y la Gestión de las Basuras. Guadalajara, Jalisco. p. 1.
- Barrena, G. R., 2006. Compostaje de Residuos Sólidos Orgánicos Aplicación de Técnicas Respirométricas en el Seguimiento Del Proceso. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Barcelona. Bellaterra Barcelona. pp. 21, 24,31 y 39.
- Capistran, L. 2000. Centro de Información y Comunicación Ambiental de Norte América, p.1
- Crespo, G. M. R., Diego, R. G. E., Ernesto, A. M. L., Ricardo, N. R., Patricia, Z. V., y Rogelio, L. I., 2006. Uso de una Composta de Residuos Sólidos Municipales como Mejorador de Suelos Agrícolas. Avances en la Investigación Científica en el CUCBA. Vol. 27. p. 53.
- Cruz, L. E., María, E. B., V. . R., O, O. R., C, M. H. R., y R, S. H., 2009. Producción de Tomate en Invernadero con Composta y Vermicomposta como Sustrato. Universidad y Ciencia. Vol. 25 N°1. p. 60.
- Duverge, D. Y., 2005. Modelo de Manejo de Desechos Sólidos Ordinarios para Comunidades Rurales en Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Guácimo, Costa Rica p. 13
- Esteban, A. H., 2007. Evaluación de Diferentes Genotipos de Tomate con Fertilización Orgánica bajo Invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U-L. p.14

- Gliessman, S. R., 2002. Agroecología Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, costa rica p.365.
- Gómez, G. M. G., 2009. Aplicación de Técnicas de Ciclo de Ciclos de Vida al Diseño de un Sistema de Gestión de Residuos Urbanos para la Ciudad de Chihuahua. Tesis Doctoral. Universitat Rovira I Virgili. Chihuahua Chihuahua. p.25.
- Huaraca, P. Karen, B. y Alfredo, C. M., 2009. Caracterización de Residuos Domiciliarios del Distrito de Matucana. Revista de Investigación Universitaria. Vol.1 N°1.p.1
- León, N. J. A., A. Gómez, S., D. Hernández, D. S., S. Álvarez, S. J. D., y L. Palmas, D. J., 2006. Mineralización en Suelos con Incorporación de Residuos Orgánicos en los Altos de Chiapas, México. Universidad y Ciencia. Vol. 22. N°002. pp. 2, 3.
- Moreno, R. A., 2005. Origen Importancia y Aplicación de Vermicomposta para el Desarrollo de Especies Hortícolas y Ornamentales. Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL. pp. 2 y 3.
- Mora, R. J. A., 2004. El Problema de la Basura en la Ciudad de México. p. 9.
- Miguel, E. L. C., 2009. Caracterización de Genotipos Semicomerciales y Comerciales de Melón (*cucumis melo* L.) Región Lagunera. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro U-L. p. 28
- NORMA OFICIAL MEXICANA 021 SEMARNAT 2000. Establece las Especificaciones, de Fertilidad, Salinidad, y Clasificación de Suelos, Estudios Muestras y Análisis. Publicado en el Diario de la Federación Diciembre de 2003.
- Orccosupa, R. J., 2002. Relación Entre la Producción Percápita de Residuos Sólidos Domésticos y Factores Socioeconómicos. Tesis para Optar al Título Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile Departamento de Posgrado y Postitulo. Santiago, Chile. pp.5 y 6.
- Pérez, O., Claribel, C. y Lázaro M., 2009. Asiendo Ciencia con la Composta El Nitrógeno su Función en la Naturaleza y en la Elaboración de Composta. pp. 34, 33,124.
- Ponte C. C., 2008. Manejo Integrado De Residuos. Revista De Investigación. N° 63. p. 182.

- Puerta E. S. M., 2004. Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. Lasallista de investigación. Vol.1 p. 2.
- Rojas, V. M. N., y María, T. O. V., 2005. Educación Desde El Hogar Para La Separación y Reciclaje De Residuos Sólidos. Instituto De Ingeniería UNAM.pp.1 y 4
- Roben, E. 2002. Manual de Compostaje para Municipios. Loja Ecuador. p.18
- Ruiz, R. O., 2006. Agroecología, una Disciplina que Tiende a la Transdisciplina. Interciencia. Vol. 31. p. 2.
- Rodríguez, S. M. A., y Ana, C. V., 2009. Manual de Compostaje Municipal Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos. p. 29
- Silva, V. J. P., Piedad, L. P. y Pady, V. A., 2000. Recuperación de Nutrientes en Fase Sólida a Través del Compostaje, Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle-Facultad de ingeniería Cali-Colombia. pp.1, 2, 7, 8,10,9 y12.
- SUSTENTA, 2009. Diagnóstico Básico para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el Municipio de Torreón, Coahuila. pp.1, 3, 4, 5, 6,7 y 8
- Sauri, R. M. R., Hugo, A. N. A., José, H. G., y Gaspar, M. M. S. 2002. Aplicación del Composteo como Método de Tratamiento de los Residuos de Frutas Producidos en zonas de alta Generación. Universidad Autónoma de Yucatán. Vol.6. p. 15.
- Torres, C. L., 1999. Elaboración de Composta. SAGARPA. p.3
- Vento, P. M. P., 2000. Estudio Sobre La Preparación del Compost Estadístico y Su Calidad. Tesis de maestría. Universidad de Camagüey-Cuba. Camagüey. p. 10.
- Vázquez, O. 2005. Modelo de Simulación de Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios en La Región Metropolitana de Chile. Revista de Dinámica de Sistemas.Vol.1.Nº.1. p.3,4

## VII ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable tiempo de degradación de los residuos sólidos domiciliarios.

C.V.=9.28%

TV	GI	SC	CM	FC	0.05	Ft	0.01
Trat	3	5.781097	1.927032	0.8572	4.07		7.59
Error	8	17.985046	2.248131				
Total	11	23.766144					

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable temperatura de los residuos sólidos domiciliarios durante 75 días.

C.V.=7.09%

TV	GI	SC	CM	FC	0.05	Ft	0.01
Trat	3	5.247	1.749	3.1671	4.07		7.59
Error	8	4.417	0.55224				
Total	11	9.665					

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable del porcentaje de materia orgánica en el compostaje de residuos sólidos de origen domiciliarios monitoreado durante 75 días.

C.V.= 29.58%

TV	GI	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Trat	3	268.335938	89.445313	2.7173	4.07	7.59
Error	8	263.332031	32.916504			
Total	11	531.667969				

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable potencial de hidrogeno en el compostaje de residuos sólidos de origen domiciliarios monitoreado durante 75 días.

C.V.=2.355

TV	GI	SC	CM	FC	Ft	
					0.05	0.01
Trat	3	0.129272	0.043091	1.4774	4.07	7.59
Error	8	0.233337	0.029167			
Total	11	0.362610				

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable del porcentaje de conductividad eléctrica en el compostaje de residuos sólidos de origen domiciliarios monitoreado durante 75 días.

C.V.=48.45%

TV	GI	SC	CM	FC	0.05	Ft	0.01
Trat	3	1.003899	0.334633	2.2186	4.07		7.59
Error	8	1.206666	0.150833				
Total	11	2.210565					

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable del porcentaje de nitrógeno total en el compostaje de residuos sólidos de origen domiciliarios monitoreado durante 75 días.

C.V.=26.27%

TV	GI	SC	CM	FC	0.05	Ft	0.01
Trat	3	0.008724	0.002908	0.3137	4.07		7.59
Error	8	0.074151	0.009269				
Total	11	0.082875					