



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO
PARA OBTENER COMPOSTA POR FERMENTACIÓN
AEROBIA ACELERADA CON INYECCIÓN DE AIRE Y LA
ADICIÓN DE COMPUESTOS BIOLÓGICOS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

PRESENTA:

MARIA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHÁVEZ

H. VERACRUZ, VER.

JULIO DEL 2000

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

Tesis de Maestría



UNIVERSIDAD VERACRUZANA INSTITUTO DE INGENIERIA

H. Veracruz, Ver., a 21 de Julio del 2000
DI269/00

Al Candidato al Grado
ING. MARIA DEL REFUGIO CASTAÑEDA CHAVEZ
PRESENTE:

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso la M.I. María Estela Montes Carmona para que lo desarrolle como tesis, para obtener el Grado de Maestra en Ingeniería Ambiental:

TEMA:

"EVALUACION DE LOS PARAMETROS DE PROCESO PARA OBTENER COMPOSTA POR FERMENTACION AEROBIA ACELERADA CON INYECCION DE AIRE Y LA ADICION DE COMPUESTOS BIOLÓGICOS"

- I .- Introducción
- II .- Justificación y planteamiento del problema
- III .- Marco teórico y conceptual
- IV .- Objetivos
- V .- Hipótesis
- VI .- Materiales y métodos
- VII .- Resultados y discusiones
- VIII .- Conclusiones
- IX .- Recomendaciones
- Bibliografía

Sin otro particular, me es grato quedar de Usted como su atento y seguro servidor.

ATENTAMENTE

"LIS DE VERACRUZ: ARTE, CIENCIA, LUZ"

DR. ENRIQUE A. MORALES GONZALEZ
DIRECTOR

EMG/apm*

AGRADECIMIENTOS

Al comité de revisión de este trabajo

M. I. Estela Montes Carmona

M. I. Enrique Rodríguez Magaña

Dra. Asunción Usón Murillo

Al personal:

Académico y de Servicios
Del Instituto de Ingeniería

Al Instituto Tecnológico del Mar No. 1

Gracias por todo su apoyo.

Tesis de Maestría

Castañeda Chávez Maria del Refugio "Evaluación de los parámetros de proceso para obtener composta por fermentación aerobia acelerada con inyección de aire y la adición de compuestos biológicos" Maestría en Ingeniería Ambiental. Instituto de Ingeniería. Universidad Veracruzana. Veracruz, México, 2000

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE PROCESO PARA OBTENER COMPOSTA POR FERMENTACIÓN AEROBIA ACELERADA CON INYECCIÓN DE AIRE Y LA ADICIÓN DE COMPUESTOS BIOLÓGICOS

RESUMEN

La generación de residuos orgánicos, provoca problemas ambientales, económicos y sociales. Este trabajo se realizó en bio-reactores a escala de fermentación aeróbica con inyección de aire, con el objetivo de evaluar la influencia de dos aceleradores sobre el tiempo requerido para la degradación de la materia orgánica y sobre la calidad del producto final (composta) en términos de parámetros químicos, uno más fue utilizado sin acelerador.

Los aceleradores que se utilizaron fueron el ULTRAZYME + biocompos de tipo comercial (Exp 1), y lodos activados provenientes de la planta de tratamiento de aguas municipales (Exp 2) con sus respectivas replicas. Los desechos orgánicos del taller de alimentos, cafetería y áreas verdes del Instituto Tecnológico del Mar No 01 (ITMAR), así como de los restaurantes de la ciudad de Boca del Río, fueron picados y mezclados homogéneamente para ser depositados en los bio-reactores piloto con capacidad de 200 litros y de material de PVC modelo RCBIO-2 (Biorreactores para compostear residuos orgánicos) Diseñados en el ITMAR con fines didácticos; se les midió diariamente la temperatura y tiempo de proceso, obteniendo resultados significativos de tipo biológico en la calidad de las compostas, lo que nos permitió su evaluación y establecer los beneficios del experimento con adición de lodos activados proveniente de las plantas de tratamiento de aguas como alternativa para su aprovechamiento en la elaboración de composta en zonas rurales.

Este trabajo de investigación fue realizado en el Laboratorio de Especialidades del Instituto Tecnológico del Mar No 01 Boca del Río, Ver.

Proyecto de Digitalización de Tesis
Responsable M.B. Alberto Pedro Lorandi Medina

Colaboradores: Estanislao Ferman García
M.B. Enrique Rodríguez Magaña

Tesis de Maestría

Castañeda Chávez Maria del Refugio "Processing parameters evaluation to obtain compost by accelerated aerobic fermentation with addition of air and biological compounds" Environmental Engineering Department Engineering Institute. Universidad Veracruzana. Veracruz, México, 2000.

ABSTRACT

The organic remains production leads to social, economic and environmental problems . This project was performed in a scale bio-reactors of aerobic fermentation by air injection with the aim to evaluate two accelerators influence on the time required to degrade the organic matter and on the final product quality (compost) related with chemical parameters, Another batch of aerobic fermentation was developed also without any accelerator addition .

The following accelerators were used : Batch 1 : ULTRAZYME + BIOCOMPOST commercial formula. Batch 2: Activated sludge from the local wastewater treatment plant with their own replay .The organic remains were collected from the food pilot plant , coffeehouse and green area of the marine technological Institute (ITMAR and from the restaurants of the gastronomic area in Boca del Río, Ver., the remains were cut and mixed homogeneously in order to be placed in the PVC bio-reactors with 200 lts. Capacity (RCBIO-2).

The RCBIO-2 bio-reactor was designed at ITMAR for didactic purposes ; temperature and time process were recorded daily , obtaining significant results which showed the biological quality of the compost , and allowed to establish the benefit of adding activated sludge from wastewater treatment plants as an alternative to produce compost in rural areas.

CAP. VI.- MATERIALES Y MÉTODOS	25
6.1. - Características del equipo empleado	
6.2. - Identificación de los experimentos	25
6.3. - Recolección y selección de la materia orgánica	25
6.4. - Pesado de la materia orgánica	26
6.5. - Saturación de los bio-reactores con materia orgánica	26
6.6. - Inicio de la fermentación aerobia natural y aerobia con aceleradores biológicos	29
6.7. - Análisis de temperatura	29
6.8. - Obtención de producto terminado	29
6.9. - Análisis del producto terminado	29
CAP. VII.- RESULTADOS Y DISCUSIONES	32
CAP. VIII.- CONCLUSIONES	38
CAP. IX.- RECOMENDACIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40
APENDICE	

INDICE DE FIGURAS

	Página
1. Relación entre temperatura y pH con respecto al tiempo de composteo.....	17
2. Frecuencia de volteo de la materia orgánica.....	20
3. Biorreactores para fermentación aerobia modelo RCBIO-2.....	28
4. Comportamiento de las temperaturas y tiempo de proceso.....	32
5. Comportamiento del pH.....	33
6. Comportamiento de la humedad.....	34
7. Comportamiento del Nitrógeno.....	35
8. Comportamiento del fósforo.....	36



ÍNDICE DE TABLAS

	Página
1. Diferencias básicas entre ambos procesos naturales.....	12
2. Materiales orgánicos usados en la descomposición.....	16
3. Materiales inorgánicos usados en la descomposición.....	16
4. Temperaturas recomendables para destruir organismos patógenos...	18
5. Preparación de los aceleradores.....	26
7. Dimensiones y características del modelo didáctico RCBIO-2 biorreactor para fermentación aerobia.....	27
8. Técnicas empleadas en el proceso de fermentación y análisis de las compostas.....	30
9. Técnicas de determinación de parásitos a las compostas.....	30
10. Técnicas de determinación de microorganismos para las compostas.	31
11. Comportamiento microbiológico y parasitológico de las compostas....	37

I.- INTRODUCCIÓN

Los desechos orgánicos resultado de las actividades domesticas e industriales, actualmente son depositados amontonándolos en las cercanías de las tierras cultivables, causando severos problemas de contaminación. Los malos olores desprendidos alcanzan kilómetros a la redonda, y su estabilización puede tomar de 6-8 meses con un contenido final de nitrógeno muy bajo.

Actualmente, se emplean aceleradores biológicos para el proceso de degradación y reciclaje rápido de los desechos orgánicos (Animales y Vegetales), incrementando así el valor agrícola de los mismos (Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Materia Orgánica y Micro nutrientes.) (Olguín 1994)

En los últimos tiempos se han combinado sistemas para acelerar la fermentación y degradación de los residuos orgánicos; entre ellos, se cuenta con algunos aceleradores biológicos comerciales, entre los cuales se encuentran el **ULTRAZYME AF-8 Y BIO - COMPOST**, pero también existe otro tipo de acelerador biológico el cual puede ser aprovechado para ser utilizado y no es conocido como un acelerador comercial, este es el caso de los **LODOS ACTIVADOS**.

El **ULTRAZYME AF - 8**; contiene cultivos microbianos viables de *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* y *Bacillus subtilis*, además de granos de cereales solubles y condensados. Este tratamiento biológico permite la reducción y eliminación de los depósitos sólidos y olores de las aguas residuales, a través del uso de cultivos microbianos (cepas no patógenas de los microorganismos antes mencionados)

El **BIO-COMPOST** es un producto elaborado con ácidos húmicos, combinados con extractos líquidos de *Yucca schidigera* y *Ascomyllum nodosum* (activadores naturales de los procesos biológicos) que actúan como agentes compostadores, por lo que representa un suministro importante de minerales, humus y nutrientes,

los cuales proporcionan una composta que al utilizarse como abono orgánico reduce el uso de los fertilizantes químicos. (Ultrateck 1998)

Se le llama **LODO ACTIVADO** a la masa microbiana floculenta, separada del agua residual por asentamiento. La etapa de separación se conoce también como clarificación, asentamiento o sedimentación.

Los lodos activados actúan en la degradación de la materia orgánica, por lo que representan una alternativa más para ser utilizados en la industria del composteo. Los lodos activados están integrados por varios componentes que se pueden clasificar como microorganismos viables, organismos no viables o moribundos, organismos muertos, materia orgánica inerte y materia orgánica biodegradable.

Los organismos viables son los que utilizan los nutrientes orgánicos para producir nuevos organismos o "biomasa", organismos no viables son los que utilizan bioquímicamente los nutrientes pero no producen nuevos organismos, y la materia orgánica inerte o no biodegradable puede incluir sustancias originalmente presentes en los residuos de alimentación y el residuo de los organismos descompuestos. (W.C. Frazier 1995)

Este trabajo busca como alternativa, el aprovechamiento de los lodos activados producto de las plantas de tratamiento de aguas residuales ya que en la actualidad se tiene una gran cantidad de estos, los cuales al utilizarlos en la elaboración de composta actúan como aceleradores del proceso y mejoran la calidad del producto final.

II.- JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aprovechamiento de los desechos orgánicos hoy en día representa una alternativa de importancia tecnológica para la obtención de composta, la cual puede ser utilizada como fertilizante orgánico permitiendo que la tierra recupere los nutrientes perdidos. Ya que normalmente la materia orgánica se deposita en tiraderos, algunos junto a tierras cultivables y otros cercanos a ríos o arrojándola a los mismos causando severos problemas de contaminación. Dentro del contexto de esta problemática, el proceso de fermentación aerobia con inyección de aire aplicado a la materia orgánica permite obtener un producto rico en nitrógeno y fósforo, los cuales se ven incrementados con la adición de aceleradores lo que representa una alternativa de utilización de procesos biotecnológicos más viables.

El composteo puede ser de gran valor para la vida económica de áreas rurales, donde realizándolo con la adición de lodos activados, como acelerador del proceso de fermentación, es más económico que la utilización de biocompos, además de permitir que el desarrollo de esta tecnología, suministre oportunidades de trabajo y reduzca la alta dependencia sobre los fertilizantes inorgánicos importados los cuales logran la degradación de la tierra agrícola y la pérdida de su productividad. Por lo que se hace el siguiente planteamiento:

¿Es importante evaluar la influencia de los aceleradores bio-compos y lodos activados en el tiempo de degradación de la materia orgánica y como incrementan la calidad del producto final en el proceso de fermentación aerobia, con inyección de aire y aerobia con inyección de aire sin acelerador?

III.- MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. Concepto de residuos sólidos

El crecimiento económico de los últimos veinte años ha sido muy elevado y muy rápido y, con mayor o menor fortuna, se enfocó hacia la mejora del bienestar de la población, sin embargo no se consideró lo siguiente: que toda producción origina unos subproductos y residuos que es preciso tratar y eliminar adecuadamente, que muchos de los productos de la sociedad de consumo son residuos poco tiempo después de la producción y que los recursos naturales no son limitados, y por consiguiente, deben utilizarse de forma racional, evitando el despilfarro, los residuos recuperables. Considerándose que toda estrategia para alcanzar un desarrollo sustentable debe incluir entre sus objetivos la reducción de los residuos que la sociedad produce y la mejor utilización posible de aquellos que se generen (Deffis, 1991)

Unda (1993) la define como el conjunto de elementos heterogéneos resultantes de desechos o desperdicios del hogar y de la comunidad. La Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) denomina residuos sólidos aquellas materias generadas en la actividad de producción y consumo que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son generadas. Esta falta de asignación económica puede ser debida no tanto a la falta de una tecnología adecuada para su aprovechamiento como a la dificultad de comercialización de los productos recuperados por su elevado costo, sino a la carencia de mercados para estas materias o por rechazo del producto (MOPU, 1980)

La Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su artículo tercero, define a los residuos como "Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en los procesos que lo generó"

3.2. Clasificación de los residuos sólidos

Los residuos sólidos domiciliarios y municipales se dividen en dos grandes grupos:

Los orgánicos e inorgánicos.

Los residuos inorgánicos: Están constituidos por materiales no biodegradables: vidrio, residuos peligrosos o tóxicos, residuos industriales, plástico y metales; etc.

Los residuos orgánicos son aquellos de origen biológico que en algún momento tuvieron vida, es decir, todo aquello que nace, crece, se reproduce y muere.

Generalmente desperdicios de comida, restos de plantas, vegetales y animales.

Los residuos orgánicos a su vez se clasifican en difícilmente degradables y fácilmente degradables. (García et al, 1993)

3.2.1. Difícilmente degradables:

1.- Los plásticos y elastómeros; en esta categoría figuran los fenoplastos, los aminoplastos (vajillas, recipientes), las poliuretanos (cápsulas de botellas) y los hules (neumáticos, juguetes); el nylon, etc.

2.- Los tejidos y cueros; constituidos por productos naturales, sintéticos puros, o más frecuentemente por mezclas con fibras sintéticas. La lana, el algodón, el lino y el cuero sufren a la larga el ataque de los microorganismos, pero necesitan previamente haber sido despedazados.

3.- Aceites y grasas; los lípidos o materias grasas están presentes en las basuras domésticas en formas diversas: trozos de grasa de carnes, animales muertos, aceites, vegetales y de pescado, mantequilla y derivados, cosméticos, ceras.

3.2.2. Fácilmente degradables:

1. - **Los carbohidratos**; entre las sustancias orgánicas que existen en los desechos orgánicos domésticos, los glúcidos y derivados son los que más abundan, bajo la forma de diversas celulosas, que provienen ya sea de los papeles y empaques.

Se pueden distinguir:

- a) Glúcidos solubles en el agua.
- b) Glúcidos poco solubles en el agua.
- c) Glúcidos insolubles en el agua.

2. - **Los prótidos**; contienen una gran parte del nitrógeno que se encuentra en las basuras domésticas y se presentan bajo formas muy diversas. El nitrógeno siempre forma parte de las moléculas más o menos complejas como las proteínas, es el elemento más interesante en los residuos de casas, siendo indispensable en presencia para obtener una buena fermentación.

3. - **Sustancias diversas**; existen otras sustancias que pueden fermentar en las basuras; pertenecen a muchos grupos químicos: fenoles, antocianinas, terpenos, etc. Y por su puesto diastasas. Estas sustancias sobre todo las últimas existen siempre en la basura en cantidades ínfimas, pero ninguna fermentación podría iniciarse sin la presencia de enzimas o diastasas.

4.- **Las ligninas**; son polilignolas más o menos complejas según su origen. El contenido de ligninas en los desechos no permite así mismo prejuzgar la potencialidad del compost de poder ser humificado puesto que las otras sustancias y particularmente los hidratos de carbono o algunas otras macromoléculas pueden interferir con fuerza en presencia de los numerosos catalizadores coloidales que existen en este ambiente esencialmente vivo y complejo. (García et al, 1993)

3.3. Composteo

Un método para aprovechar los residuos orgánicos es el composteo, el cual se puede definir como la degradación microbiana de sólidos orgánicos por medio de una respiración aerobia y/o anaerobia que pasa por una fase termofílica.

Los procedimientos para obtener composta varían desde el más elemental, concebido desde los años veinte por el inglés Sir Alfred Howard, hasta las modernas plantas de composteo utilizadas en varios países industriales.

El composteo se efectúa, con una colección heterogénea de material orgánico, que contiene una población grande de hongos y bacterias. Estos microorganismos se desarrollan e inician el proceso de descomposición o proceso de fermentación, en el momento en que se presentan condiciones favorables de humedad, temperatura y aireación. Esta actividad microbiana producirá un aumento en la temperatura a consecuencia de las oxidaciones biológicas exotérmicas, y dado que la materia orgánica posee muy mala conductividad térmica, ésta actúa como aislante térmico, causando que la mayor parte del calor producido permanezca dentro de la pila de material orgánico. La pila se enfriará posteriormente al disminuir la fermentación para dar inicio a la maduración y después el de secado. (Leal, 1981) El material recibe una trituración final y queda listo para su venta.

La composta es un producto negro, homogéneo y por regla general, de forma granulada sin restos gruesos. Al mismo tiempo, es un producto húmico y cálcico; un fertilizante orgánico. Por su aportación de oligoelementos al suelo, su valor es muy apreciado. Se obtiene a partir de la fermentación de basura orgánica, también se le conoce como humus. (Deffis Caso 1991)

La composta es un proceso de la descomposición del material orgánico en donde la materia vegetal tanto como la animal se transforma en el mejor abono orgánico.

El composteo es una forma de manejo de desechos sólidos, en donde los componentes orgánicos de estos productos son biológicamente descompuestos de una manera controlada, hasta convertirlos en un material húmico estable, el cual puede ser almacenado y manejado como abono orgánico sin perjuicios para el ambiente, a esta resultante se le llama Composta (Olkowski, H. et al.1988).

Desde el punto de vista de la obtención de humus, convendría distinguir, por una parte, las materias orgánicas que se descomponen rápidamente sin proporcionar humus, pero liberando nitrógeno; materias de origen animal o calor; azúcares y almidones y, por otra, las materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal, celulosa, lignina y otras, que utilizan este nitrógeno y esta energía, anteriormente liberados, para descomponerse lentamente, siendo el estado de síntesis lo que da origen a humus. (Chefetz et al 1996)

Este humus es una materia orgánica que está presente en el suelo; procede de la descomposición progresiva de los restos vegetales y animales que se van depositando en él, tales como hojas de árboles y plantas, cadáveres vegetales y animales, excreta y todo material orgánico, y que se van convirtiendo en minerales fundamentales para la actividad saprofita de hongos y bacterias.

(Olkowski, H. et al.1988)

Podemos entender el proceso de la composta observando detenidamente el suelo; justo debajo de un árbol, donde se acumulan las hojas que caen, podremos reconocer sin lugar a dudas una primera capa de hojas, una segunda capa de hojas desgastadas y un tanto fragmentadas; pero más abajo, una tercera capa, solo encontraremos los restos de hojas de aquellas estaciones pasadas convertidas ya otra vez en tierra, es decir, en humus. (González-Prieto, 1996)

Este es el fenómeno de la descomposición, que es la base la composta, y que ha venido ocurriendo naturalmente en nuestro planeta desde hace millones de años. Toda la naturaleza es como una arte desconocido para el hombre. La naturaleza no hace nada en vano.

El humus es un rico abono que ayuda al crecimiento de las plantas: provee a la tierra de los tres elementos fundamentales que necesita para dar vida: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, además de otros elementos.

Otros factores que ayudan y que son también de igual importancia para el proceso de la composta, son el sol, el agua y el oxígeno.

Actualmente hemos sustituido lo orgánico por nuevos productos químicos, con el objeto de obtener mas y mejor rendimiento de la tierra.

(Monroy H., Oscar-Viniegra G., Gustavo, 1997)

Antiguamente no era necesario tomar tantas vitaminas como hoy día; esto se debe a que los alimentos eran ricos en vitaminas, pero al pasar de los años han ido perdiendo su riqueza nutriente debido a los fertilizantes.

Está comprobado que algunos fertilizantes y pesticidas han afectado en un alto grado a las tierras, y estas a su vez a los alimentos, los cuales, una vez consumidos han producido enfermedades.(Levvi-Minzi et al 1989)

En nuestras casas, la materia orgánica se va al basurero, mezclándose con otros desperdicios; posteriormente, va a dar a un tiradero, produciéndose así contaminación. Esta materia orgánica corresponde al 40% de los desperdicios que producimos en casa; al hacer composta, evitamos que se vaya a un tiradero, evitando de esta manera que la materia de desecho entre en contacto con las aguas del subsuelo contaminándolas. Reduce tu basura y regrésale a la tierra lo que la tierra te da. (Iglesias et al 1994)

Podemos decir que la composta ha existido desde siempre, ya que todo lo que cae de los árboles se reintegra a la tierra, para así formar un ciclo. De igual forma, en nuestro jardín, con nuestros desechos orgánicos, podemos completar el ciclo.

Así como una botella de vidrio, un objeto de plástico, o una lata, son recursos, así también los desechos de cocina lo son.

Podemos salvar todos los desechos orgánicos que se generan en nuestras cocinas, y en las cocinas de los restaurantes.

(Monroy H., Oscar-Viniegra G., Gustavo, 1997)



3.3.1. Beneficios y ventajas del uso de la composta

Los beneficios al suelo son varios:

- En primavera y verano el suelo se mantiene con mas humedad promoviendo la producción de raíces.
- En invierno el suelo se mantiene más caliente, que el expuesto a la intemperie.
- Adiciona humus
- Aumenta también la presencia de lombrices las cuales a su vez degradan la materia orgánica y dan mayor aireación al suelo.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico.
- Opera como buffer impidiendo los cambios bruscos de pH.
- Mejora la estructura del suelo.
- Recientemente se le han atribuido propiedades supresoras de infecciones causadas por algunos hongos como *Fusarium. s.p.*, *Rhizoctonia. s.p.* y *Pythium. s.p.*
(Iglesias et al 1991)

Ventajas del composteo:

- Reducción de masa y volumen por medio de la volatilización de parte del carbono orgánico como dióxido de carbono.
- Higiene pública: Eliminación de lugares donde se reproduzcan insectos, plagas y microorganismos patógenos.
- Utilización de recursos desperdiciados.
- Remoción en muy alto porcentaje de microorganismos patógenos
- Reducción de algunos compuestos orgánicos, de tipo organoclorado.
(Monroy H., Oscar-Viniegra G., Gustavo, 1997)

3.4. Clasificación del proceso de composteo

Existen muchas técnicas para llevar a cabo este procedimiento y van desde las manuales, donde prácticamente no se requiere de nada mas que la materia prima, hasta las altamente mecanizadas que para su funcionamiento requieren de altos gastos de energía.

Estos procesos básicamente se dividen en fermentación natural(aeróbico y anaeróbico) y fermentaciones aceleradas.(Olkowski, H. et al.1980)

- ✓ **El proceso natural aeróbico:** Para su ejecución requiere de la presencia de aire disuelto en su interior.
- ✓ **El proceso natural anaeróbico:** Implica prácticamente la ausencia de aire en su interior.

Las diferencias básicas entre ambos procesos se muestran en el tabla1.

TABLA No 1 Diferencias básicas entre ambos procesos naturales

PROCESO	
AERÓBICO	ANAERÓBICO
1. Casi no hay producción de malos olores	1. Producción de malos olores
2. Producción de altas temperaturas	2. Poca elevación de la temperatura
3. Proceso rápido(2-6 meses) según el material	3. Proceso lento(1 año) según el material
4. Requiere más gastos horas/hombre/trabajo	4. Requiere de pocas horas/hombre/trabajo
5. Mayor pérdida de Nitrógeno	5. Menor pérdida de Nitrógeno

Fuente:(Olkowski, H. et al.1980)

- ✓ **Fermentación acelerada (con adición de aceleradores biológicos a partir de microorganismos):** Se entiende por fermentación acelerada de los residuos orgánicos toda fermentación en un lugar cerrado, controlando los factores externos del ambiente, reduciendo el ciclo de descomposición, acelerando la fase aerobia de ésta y llegando en esta primera etapa a una auto esterilización del producto. El control de la fermentación está asegurado por dos medios principales: el agua y el aire.

En la práctica de la fermentación aerobia acelerada actúa:

- ✓ Por adición de agua para obtener la humedad adecuada.
- ✓ Inversamente, si las basuras contienen demasiada agua, por inyección de aire se puede eliminar el exceso de agua o reducir la temperatura.
- ✓ La corriente de oxígeno inyectado así activa la fermentación, suprimiendo casi por completo la fase de latencia y aumenta la rapidez de la termogénesis (Olkowski, H. et al. 1980)



3.5. Cambios durante el composteo

Los microorganismos utilizan rápidamente los carbohidratos fácilmente degradables y los lípidos presentes. Las hemicelulosas y celulosa son degradadas hasta cierto punto mientras que la lignina es el material más resistente a la degradación.

El pH inicial es ligeramente ácido (pH 6), parecido al material celular de los vegetales. Durante las primeras etapas del composteo, el pH disminuye (quizás debido a la producción de ácidos orgánicos). En fases posteriores, al aumentar la temperatura aumenta también el pH y se estabiliza ligeramente alcalino (a causa de la producción de amoníaco) (Berkely, 1983)

Las formas solubles de nitrógeno son asimiladas de inmediato, y las formas insolubles son solubilizadas antes de ser usadas por los microorganismos. Durante la fermentación se produce amoníaco por medio de la desaminación oxidativa de aminoácidos. La mayor parte del nitrógeno sintetizado se encuentra como proteína.

Algunos complejos especiales que se encuentran en los organismos vivos, tales como la celulosa, hemicelulosa, quitina, agar y huesos, se descomponen con mayor lentitud pero finalmente en los mismos productos que las anteriores.

Cada uno de estos pasos se realiza con intervención de los seres vivos. Los hongos intervienen especialmente en la descomposición de la materia orgánica. Estos microorganismos no solo actúan sobre las superficies de los materiales sólidos, sino que atacan asimismo a la materia orgánica disuelta.

(García et al, 1993)

3.6 Factores que intervienen en el composteo

3.6.1 Nutricionales

Como factores nutricionales se manejan el grado y facilidad de obtención de estos por parte de los microorganismos, así como también la cantidad y balance de los nutrientes que se encuentran disueltos en el sustrato a compostear. Así entre más rápido sean asimilados los nutrientes, más rápido será el proceso. Por ejemplo; Los compuestos con altas cantidades de proteínas como los vegetales frescos, se descompondrán más rápido que aquellos que tienen altas cantidades de lignina y celulosa como lo es el aserrín. De acuerdo con lo anterior la mayoría de los materiales que se utilizan en este proceso son de índole orgánica (tabla 2) aunque también se utilizan los de carácter inorgánico (tabla 3) los cuales también funcionan como agentes que estimulan y aceleran la actividad de descomposición biológica, algunos de los materiales que se utilizan son los siguientes:

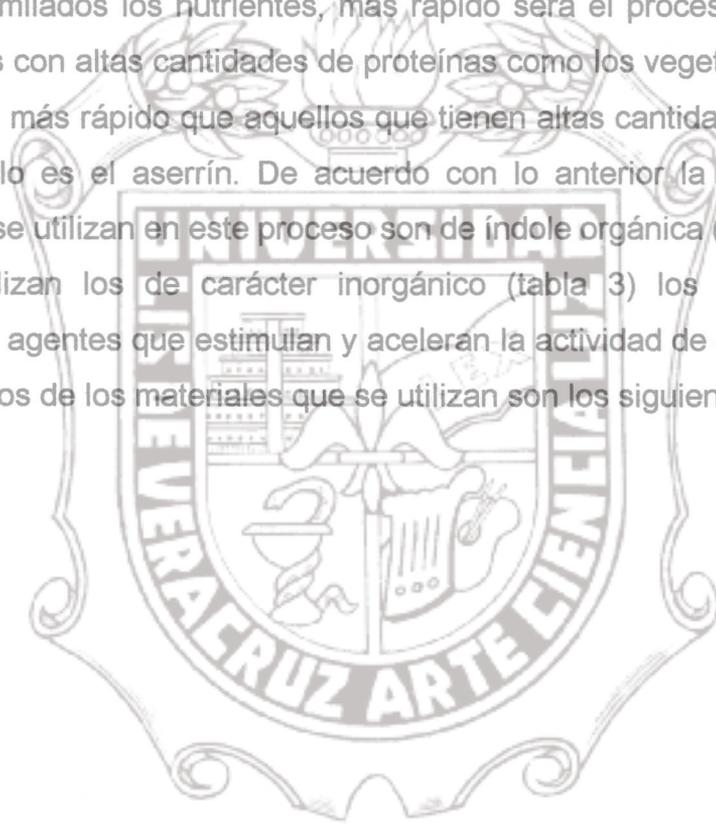


TABLA No. 2 Materiales orgánicos usados en la descomposición.

MATERIALES ORGÁNICOS				
NOMBRE	N %	C %	C/N	H.R.
Orina Humana	16.5	13.2	0.8	97
Pasto Fresco	4.0	48	12	95
Pasto Seco	2.4	45.6	19	40
Gallinaza	6.3	25.2	4.0	75
Estiércol	1.7	45.9	27	80
Hoja de Eucalipto	1.48	50	33.78	80
Aserrín	0.25	52	208	3
Residuos Frescos de Jardinería	2.0	40	20	20

Fuente:(Environmental Protección Agency, 1994)

TABLA No. 3 Materiales inorgánicos usados en la descomposición.

MATERIALES INORGÁNICOS	
NOMBRE	U S O
Urea	Incrementa el contenido de Nitrógeno
Cal	Eleva el pH y promueve la formación de agregados
Suelo	Introduce cepas de microorganismos útiles, absorbe sustancias volátiles

Fuente: (Environmental Protección Agency, 1994)

3.6.2. Temperatura

Factor que es muy importante cuidar, de él depende tanto la velocidad de proceso así como la presencia o ausencia de los microorganismos biodegradadores, como bacterias y hongos, los cuales por virtud de este factor son clasificados en:

Mesófilos, que son aquellos que se desarrollan de manera óptima a temperaturas entre los 25°C y los 45°C presentándose en las etapas iniciales y finales del proceso.

Termófilos, son aquellos que prefieren temperaturas entre los 45 y los 70 °C

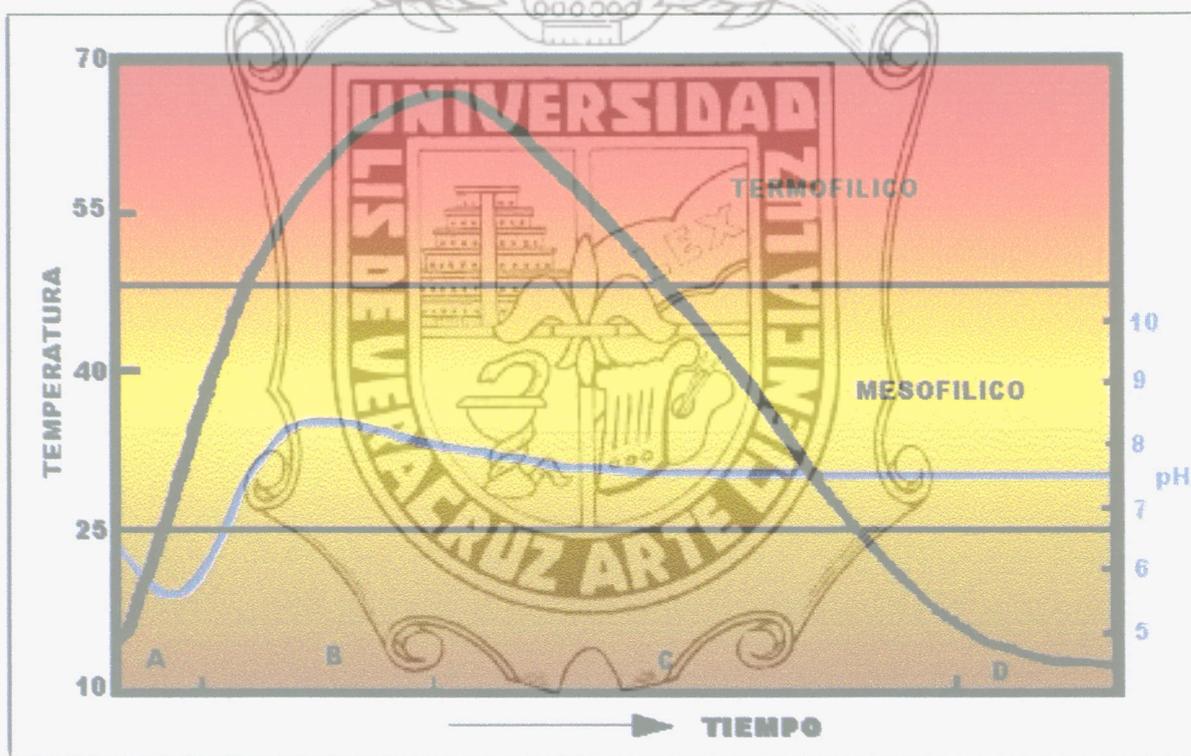


FIGURA No1 Representa la relación entre temperatura y pH con respecto al tiempo de composteo y las letras A, B, C, y D indican fases de actividad microbiana. A= Fase mesofílica, B= Fase termofílica, C= Fase de enfriamiento, D= Fase de maduración. Fuente: (Environmental Protección Agency. 1994)

El manejo adecuado de la temperatura permite a su vez eliminar la mayoría de los microorganismos considerados patógenos, así como desactivar algunos tipos de semillas. (TABLA No. 4)

TABLA No. 4 Temperaturas recomendables para destruir organismos patógenos.

TEMPERATURAS PARA DESTRUIR ALGUNOS PARÁSITOS PATÓGENOS COMUNES	
ORGANISMO	OBSERVACIONES
<i>Salmonella sp</i>	Muere en una hora a 55°C
<i>Escherichia coli</i>	La mayoría muere en una hora a 55°C
<i>Entamoeba histolytica</i>	Muere en unos minutos a 45°C
<i>Taenia saginata</i>	Muere en unos minutos a 55°C
<i>Áscaris lumbricoides</i>	Muere en menos de una hora a temperaturas arriba de 50°C

Fuente: (W.C. Frazier 1995)

Por otra parte no existe para el proceso una temperatura ideal pues los substratos que se utilizan pueden ser muy diversos, pero se estima que en general la temperatura óptima se localiza entre los 45 °C - 59 °C y la máxima entre los 59 °C a los 70 °C, por lo que el mejor desarrollo microbiano se logra al mantener la temperatura lo más alto posible (dentro del rango óptimo) sin matar o inhibir a los microorganismos que llevan a cabo el proceso.

3.6.3. pH

Al igual que la temperatura, existen varios rangos de acidez o alcalinidad en los que los organismos operan de manera eficiente, siendo en general de 6.0 a 7.5 para bacterias y de 5.5 a 8.0 para algunos tipos de hongos. A diferencia de la temperatura, este factor no se recomienda que sea modificado, pues también es un indicador del trabajo que se realiza en la composta y tiende a estabilizarse por sí solo como efecto de la aireación y otros factores al ir finalizando el composteo (Figura 1)

3.6.4 Aireación

Factor que tiene que ver con la presencia de oxígeno disuelto entre el material, para lo cual es importante que este material presente mayor área de superficie para que este en contacto con el oxígeno, esto se logra moliendo el material para que tengan un tamaño aproximado de 1 cm a 2 cm pero cuidando que no sea tan pequeño que dificulte por sí mismo el paso de aire al interior de la pila. Este mismo proceso de aireación también sirve para controlar tanto a la humedad, como a la temperatura, tampoco existe un parámetro fijo que nos señale cada cuando se deben de airear las pilas, aunque también de manera general se recomienda voltearlas cada semana, si por alguna causa la pila comienza a producir malos olores, este es un indicador de que la pila debe de voltearse de manera más continua. (Figura 2)



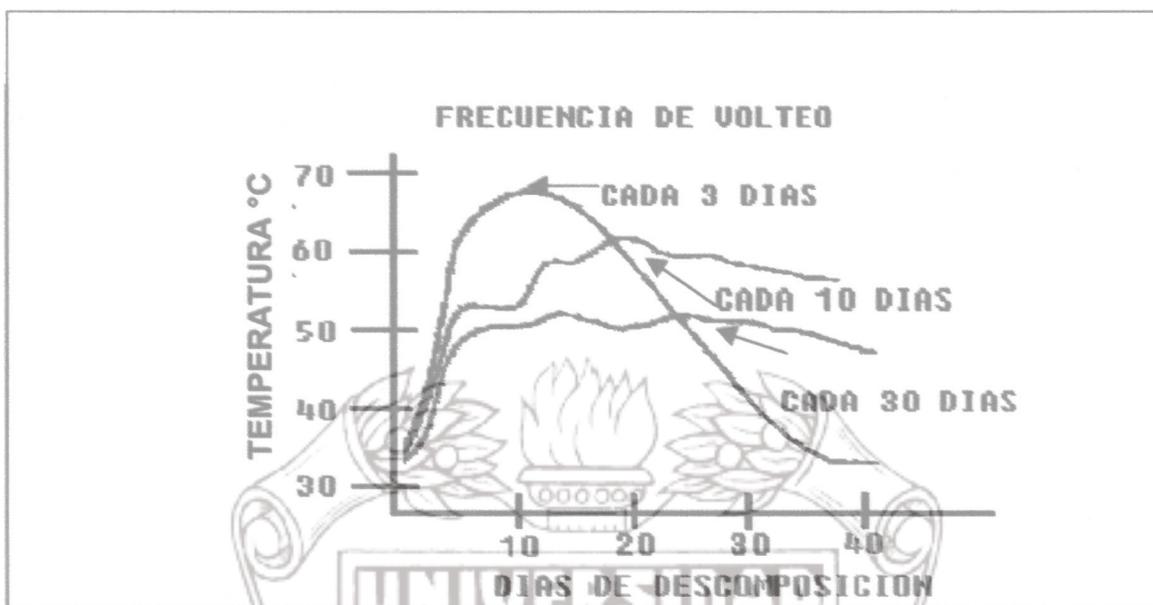


FIGURA No 2. Representa la frecuencia de volteo de la materia orgánica

Fuente:(W.C. Frazier 1995)

Aquí se representa idealmente el tiempo que tarda en degradarse el material si este es volteado con una cierta frecuencia y la temperatura que puede este alcanzar.

3.6.5. Humedad

El contenido de humedad va estrechamente ligado a la frecuencia de volteo del material composteado

Su exceso (100%) tiene que ver con la presencia de malos olores, debido a que se obliteran los poros llevando a una anaerobiosis

Su falta (entre el 45 % y el 50 %) influye en la disminución de la temperatura. y de un rezago en la realización del proceso, la cantidad de agua considerada optima se encuentra en un rango del 50 al 60 %

3.6.6. Relación Carbono Nitrógeno

Factor de suma importancia, pues son estos elementos los que son utilizados por los microorganismos para su desarrollo, degradando, por consiguiente, el sustrato orgánico sobre el cual se desarrollan (tabla 2 y 3)

Si esta relación existe en una proporción muy elevada de nitrógeno este se pierde en forma de malos olores, si por el contrario el elemento excedente es el carbono, el proceso se lleva a cabo de manera lenta, por lo que se sugiere hacer inicialmente algunas pruebas, tanto de velocidad como de producción de malos olores. Ejemplo de material rico en nitrógeno: pasto, gallinaza, estiércol, etc. y como material rico en carbono encontramos principalmente al aserrín.

Durante el proceso dos terceras partes del carbono son utilizadas como CO_2 y el resto son combinados con el nitrógeno para el desarrollo celular. Esta relación se procura que inicialmente sea de 30 ya que por arriba o por debajo de este cociente se pueden presentar algunos de los problemas anteriormente mencionados. Al finalizar el proceso esta relación debe de encontrarse aproximadamente en 12.



3.7. Características físico-químicas del composteo

El color varía de un color gris claro a castaño oscuro. El olor nunca es pútrido sino nulo o ligero; frecuentemente tiene olor a tierra de hoja.

El pH es ligeramente ácido (5.5-7) en el caso de las basuras frescas pasa de neutro a ligeramente básico después de la fermentación (7.5 - 8.5)

El contenido de agua varía con el estado de la fermentación y la naturaleza del substrato original. El promedio es de 30 a 40 % en el composteo.



IV OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de los aceleradores bio-compos y lodos activados en el tiempo de degradación de la materia orgánica y en la calidad del producto final en el proceso de fermentación aerobia, con inyección de aire y aerobia con inyección de aire sin acelerador.

4.1.1. Objetivos específicos

- ✓ Establecer la metodología y los parámetros de control para optimizar los procesos de fermentación aerobia acelerada con aire y compuestos biológicos.
- ✓ Obtener composta por fermentación aerobia con inyección de aire y adición de aceleradores a partir de desechos orgánicos municipales.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos en la evaluación de la calidad de las compostas.
- ✓ Evaluar las características de las compostas finales para darles uso como abono orgánico.



V HIPÓTESIS

Hipótesis General

La adición de aceleradores biológicos a la materia orgánica de desecho tratada por el proceso de fermentación aerobia con inyección de aire influye en el tiempo de proceso y las características del producto final conocido como fertilizante orgánico o composta.

Hipótesis Específica:

La producción de composta en bio-reactores a escala modelo RCBIO-2 permiten realizar investigaciones a nivel laboratorio.

La adición de Bio-compost/Ultrazyme en un 20% en la fermentación aerobia de materia orgánica permite reducir el tiempo del proceso biológico e incrementar la composición del producto final llamado composta.

La adición de lodos activados en un 20% en la fermentación aerobia con inyección de aire de materia orgánica permite reducir el tiempo del proceso biológico e incrementar la composición del producto final llamado composta.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Características del Equipo empleado

Los bio-reactores aerobios de material de P.V.C. modelo RC-BIO2 (Castañeda, 1996) se instalaron según las especificaciones de este equipo. (Figura 3)

6.2. Identificación de los experimentos

Se realizaron tres compostas con cuatro replicas cada una, a las cuales se les identifico como: **Blanco** (materia orgánica sin adición de acelerador); **Exp 1** (materia orgánica con adición de ultrazime + biocompos de tipo comercial); **Exp 2** (materia orgánica + lodos activados)

6.3. Recolección y selección de la materia orgánica.

Para la recolección de la materia orgánica se distribuyeron bolsas de plástico en mercados de la ciudad de Veracruz, restaurantes de la zona costera de Boca del Río, Ver. , Cocinas económicas, casas habitación, taller de alimentos y cafetería del ITMAR No 1. previa explicación de cómo separar los residuos orgánicos de los inorgánicos; con el fin de utilizar únicamente la materia orgánica, como: restos de alimentos preparados (comida), carnes, frutas, verduras, etc.

Una vez obtenida la selección, se vaciaron las bolsas para mezclar toda la materia orgánica junto con pasto, hojas de árbol y ramas, producto del mantenimiento de las áreas verdes del ITMAR No 1, hasta obtener una mezcla homogénea, revisando para evitar la presencia de material extraño como: Piedras, bolsas de nylon, etc. Posteriormente se corta en trozos pequeños con la finalidad de hacer más fácil su degradación.

6.4. Pesado de la materia orgánica.

Se pesa la materia orgánica para realizar la relación materia orgánica/acelerador biológico correspondiente a cada fermentación. (Lodos activados y bio-compost/Ultrazyme).

TABLA No 5 Preparación de los aceleradores:

Bio-compost/Ultrazyme para 100 Kg. de materia orgánica	
Componente	Cantidad
Urea	0.1 gr.
Triple	17 0.05 gr.
Bio-compost	5 ml
Ultrazyme	3 gr.
Agua	200 ml

Se mezclan y se aplica burbujeo de aire constante por dos horas.

Para los lodos activados se realiza una relación del 20% con respecto al peso.

6.5. Saturación de los bio-reactores con materia orgánica

Antes de ser saturados los bio-reactores, éstos se acondicionan con una capa de palos secos (barañas) en el fondo hasta una altura de aproximadamente 20 cm y colocando encima de esta, una tela de mosquetero de 1m². (Figura 3)

El biorreactor aerobio modelo RCBIO-2 (Castañeda, 1996) diseñado y construido en el Instituto Tecnológico del Mar con fines didácticos el cual presenta las siguientes características en la Tabla 7. En la figura 3 se muestran las partes del RCBIO-2.

TABLA 7 Dimensiones y características del modelo didáctico RC-BIO2, biorreactor para fermentación aerobia. (Castañeda, 1996)

Características	Dimensiones
Material del tanque	P.V.C.
Volumen	200 KG.
Flujo de aire de la bomba	500 cc min ⁻¹ mínimo 5500 cc min ⁻¹ máximo
Voltaje de la bomba	115 volts, 60 Hz, 7.0 watts
Presión	4.2 P.S.I.
Altura	1.20 cm
Diámetro	80 cm

Fuente: (Castañeda, 1996)

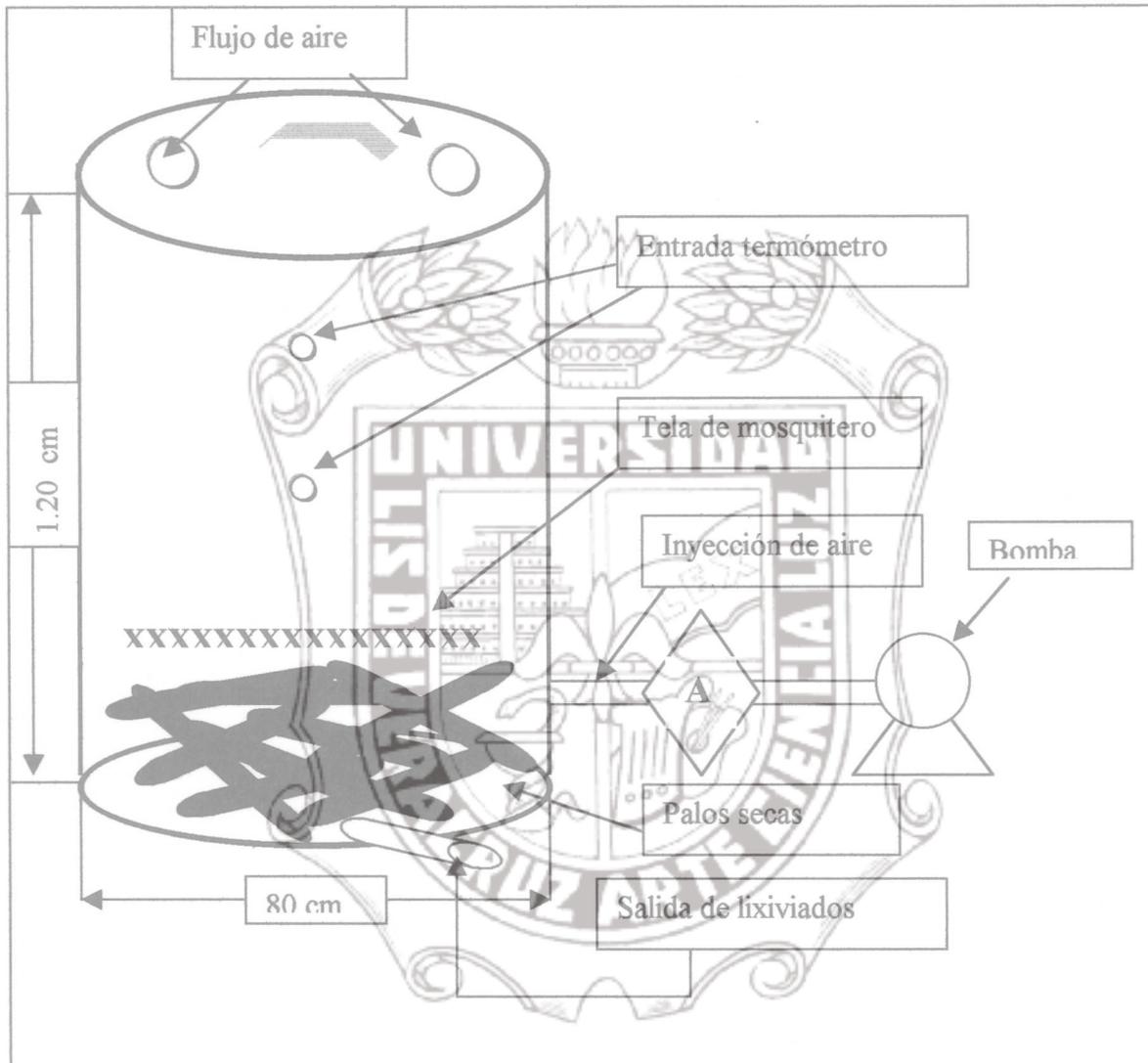


FIGURA No 3 Biorreactor para fermentación aerobia modelo RC BIO-2

(Castañeda, 1996)

La función de la capa de palos es la de actuar como soporte de la malla.

La malla actuará como un filtro, cuya función será la de retener la materia sólida y dejar pasar el líquido (lixiviados) producto de la degradación de la materia orgánica. Al mismo tiempo podrá evitar que se tape la manguera que ha sido instalada en el fondo del bio-rreactor para la salida de estos lixiviados.

Ya que han sido completamente instalados los bio-reactores, se saturan con la materia orgánica y se aplica acelerador biológico a los bio-reactores con la concentración correspondientes.

6.6. Inicio de la fermentación, aerobia natural y aerobia con aceleradores biológicos

Para el inicio de las fermentaciones en los bio-reactor se utiliza aireación por medio de una bomba de inyección de aire constante, cuya entrada se encuentra situada en la parte inferior de los bio-reactores aerobios como se muestran en la Figura 3.

6.7. Análisis de temperatura.

Este análisis de temperatura se realizo a los fermentadores cada 24 hrs. Con paleo cada 72 hrs.

6.8. Obtención de producto terminado

En la etapa final conocida como de maduración, cuando se logro la estabilización de la temperatura se extiende al sol sobre un paño de plástico con el propósito de realizar el secado de las compostas.

6.9. Análisis del producto terminado

Se realizo a las compostas la determinación de Humedad, pH y, sustancias nutritivas como Nitrógeno, Fósforo, Como lo establecen las técnicas que se describen en la tabla siguiente.

TABLA No 8 Técnicas empleadas en el proceso de fermentación y análisis de las compostas

pH	Método potenciometrico
Temperatura	Método visual con termómetro
Humedad	1-1 Método de la estufa
Nitrógeno total	1-7 Método de nitrógeno total(Kjeldahl)
Fósforo	6.062-6.064 Micrómetro del azul de molibdeno.

Fuente: (Standard methods , 1995).

7.0. Análisis de parásitos y microorganismos

Las técnicas de análisis para parásitos y microorganismos que se realizaron a las compostas como producto terminado son los siguientes:

TABLA No 9 Técnicas de determinación de parásitos a las compostas

<i>Entamoeba histolytica</i>	Método microscópico directo con solución salina de la S.S.A
<i>Áscaris lumbricoides</i>	Método de Kato-Katz de la Organización Mundial de la Salud
<i>Trichiuris trichiura</i>	Método de Kato-Katz de la Organización Mundial de la Salud

Fuente: (OMS,1998)

TABLA No10 Técnicas de determinación de microorganismos para las compostas

<i>Vibrio cholerae</i>	NOM-031-SSA1-1993 Técnica, Bienes y servicios. Productos de la Pesca.
<i>Coliformes fecales</i>	NOM-000-SSA1-1994 Técnica del número más probable (<i>Escherichia Coli</i>)

Fuente: (Secretaría de Salud, 1995)

7.1. Triturado de las compostas y tamizado

El triturado de la composta se realiza utilizando un molino mecánico, por el cual se hace pasar la composta con el propósito de eliminar terrones, para posteriormente pasarla a través por un tamiz número de malla 200 donde se logra un tamaño de partícula más pequeño que nos permita así una composta más homogénea.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

7.1. Evaluación de las temperaturas y tiempo de proceso

Los resultados de los experimentos que contenían acelerador con respecto al blanco en el periodo de evaluación de las temperaturas mostraron las fases de actividad microbiana como lo establece la curva de proceso optimo (Figura 1), En la figura 4. se observan un máximo de temperatura de hasta 58 ° C tanto para el blanco como para los experimentos, entre los días 13 al 16. Decreciendo hasta

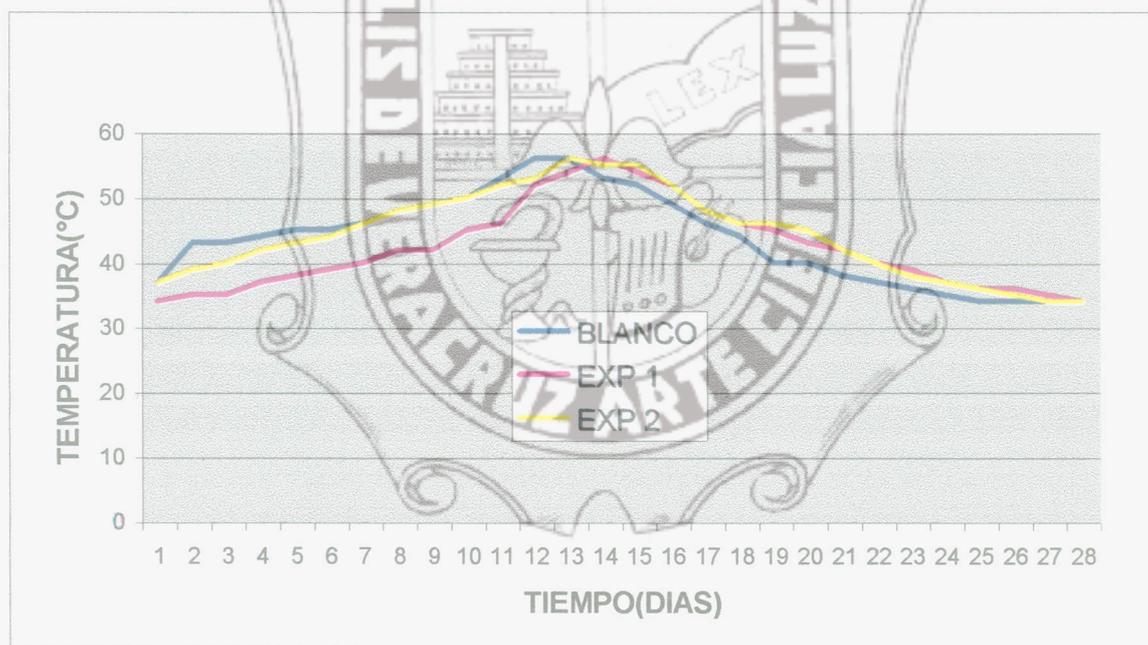


FIGURA No 4 Comportamiento de la temperatura

32°C ya que era la temperatura ambiente que se presentó durante el periodo en que se realizaron los experimentos. Estas elevadas temperaturas permitieron que las que las temperaturas iniciales tanto como las finales alcanzaran su maduración comportándose como la ideal de referencia que se muestra en la figura 1, éstos cambios de temperaturas se presentaron durante un periodo de 28

días en los que se logra la degradación, lo que indica que la adición de los aceleradores en una concentración del 20% con respecto al peso de la materia orgánica a fermentar no influyo en el tiempo de degradación de los experimentos. Ya que los dos experimentos con respecto al blanco se obtuvieron en un mismo periodo de tiempo y no se redujo como se planteo en las hipótesis especifica de este trabajo.

7.3. Evaluación de pH

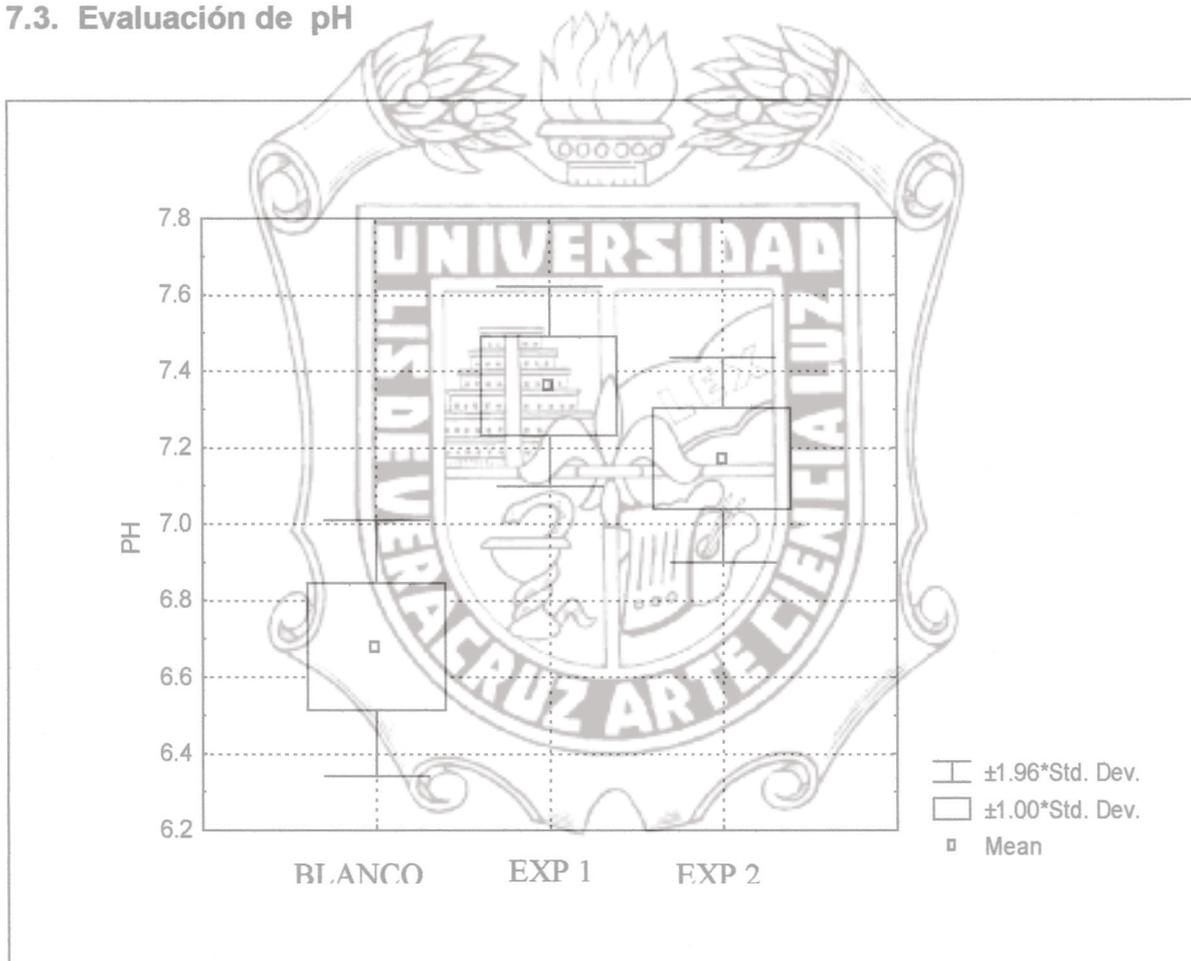


FIGURA No 5 Comportamiento del pH

Para una $F(2,13)=27.61$ $p<0.05$ se demuestra que existe diferencia significativa con respecto al blanco pero no así entre los experimentos 2 y 3 ya que con la adición de aceleradores el perfil de comportamiento del pH se realizo de manera típica para un compostaje ya que aumento hasta valores de 8 en la

etapa termofílica y disminuyó hasta valores de 6 en la etapa de enfriamiento como fue el caso de los blancos mientras que los experimentos bajo hasta bajo hasta pH 7.

7.4 Evaluación de los productos

7.4.1 Determinación de Humedad

En la figura 6 se muestra que existe incremento en la humedad, al agregar acelerador a los experimentos con respecto al blanco, pero no así, entre ellos como lo indica su verificación por el análisis de varianza con una $F(2,13)=28.93$

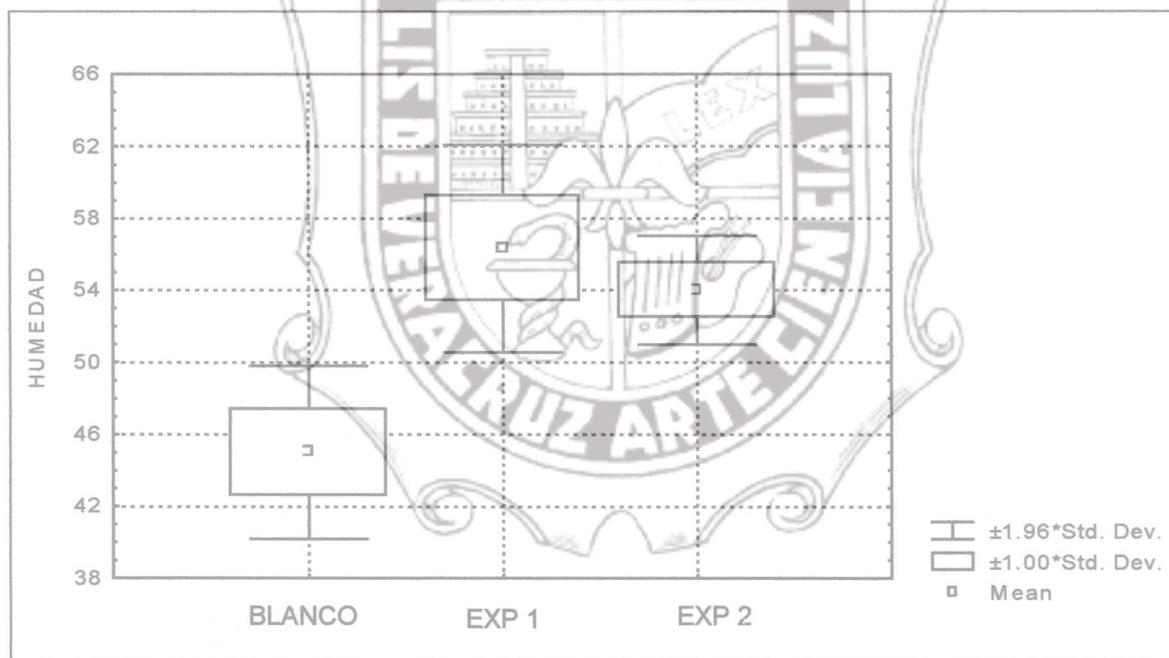


FIGURA No 6 Comportamiento de la humedad

$p < 0.05$ los aceleradores permitieron retener la concentración de humedad logrando un aumento en su humidificación lo que da como resultado un mayor valor agronómico a las compostas obtenidas con adición de aceleradores sin que

esto implique que se esta ofreciendo un producto con un excedente de humedad lo que permita realizar un fraude económico.

7.4.2 Determinación de Nitrógeno:

En la figura 7 se demuestra de acuerdo al análisis de varianza para una $F(2,13)=310.42$ $p<0.05$ que existe diferencia significativa entre el blanco y los experimentos ya que la adición de los aceleradores incrementa el valor de nitrógeno en los productos finales o compostas lo que les da la característica para ser recomendadas como abono orgánico y competir con los fertilizantes químicos.

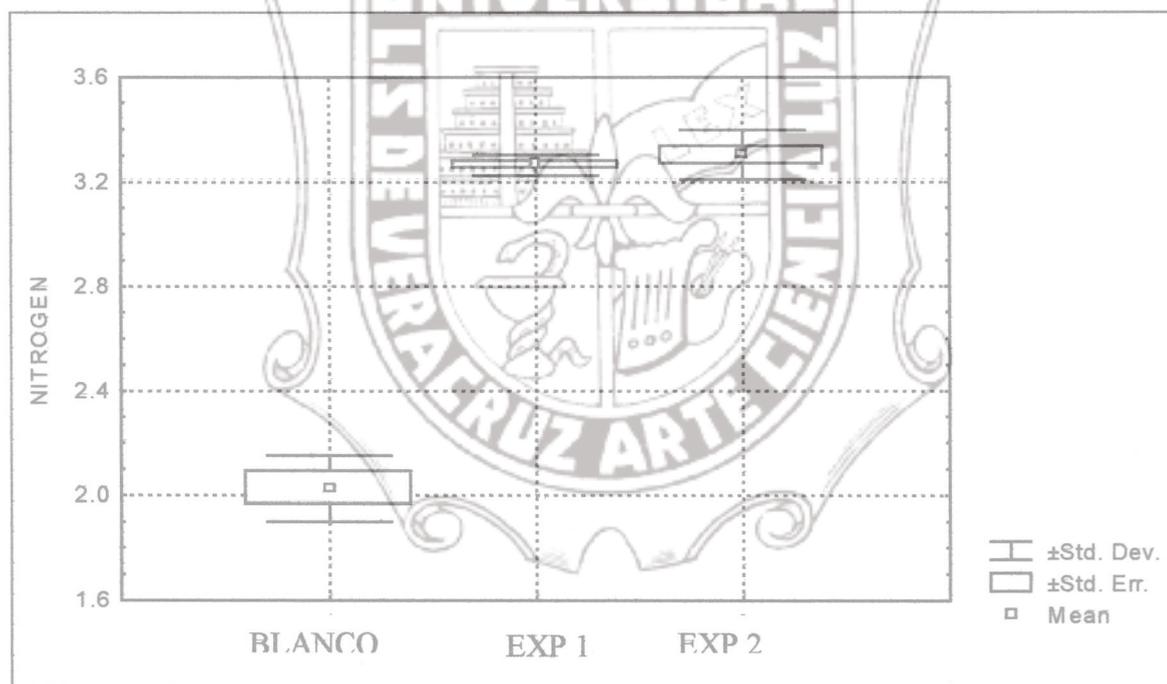


FIGURA No 7 Comportamiento del nitrógeno

7.4.3 Determinación de fósforo

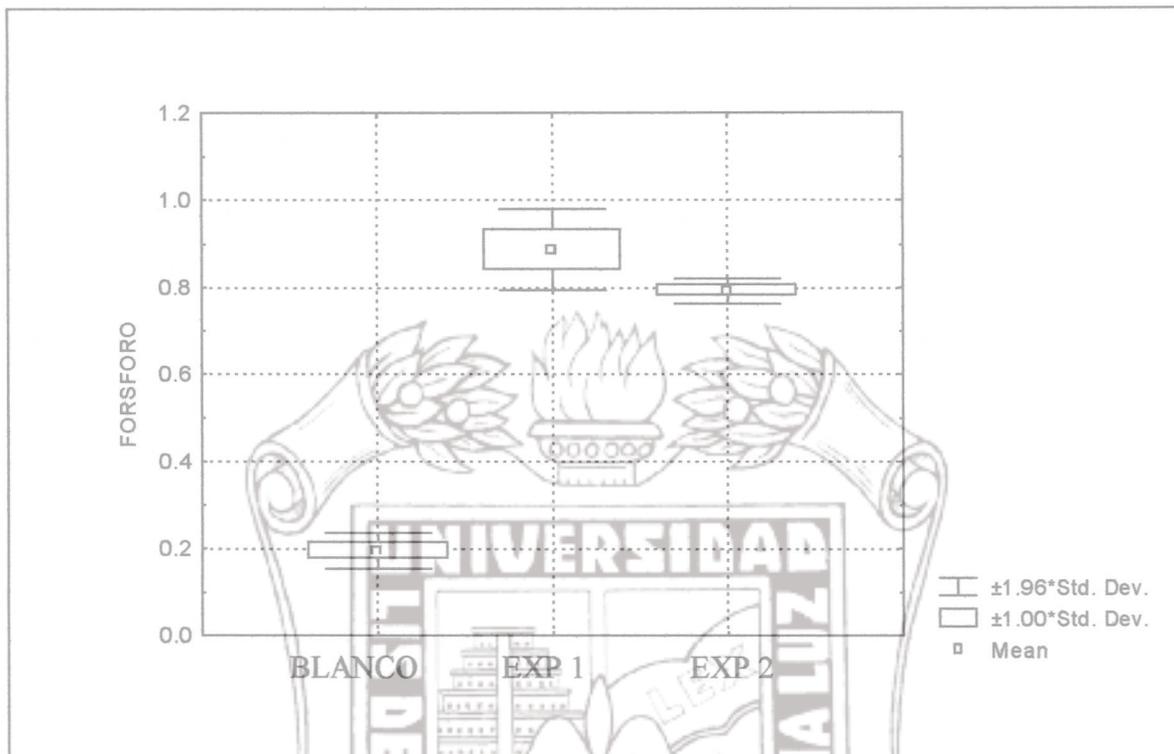


FIGURA No 7 comportamiento del fósforo

Para una $F(2,13)=611.65$ $p<0.05$ existe diferencia significativa entre el blanco y los experimentos ya que se tiene como resultado un incremento en la concentración de fósforo por la aportación que le proporciona a los experimentos la adición de aceleradores o compuestos biológicos.

7.5. Determinación de microorganismos y parásitos

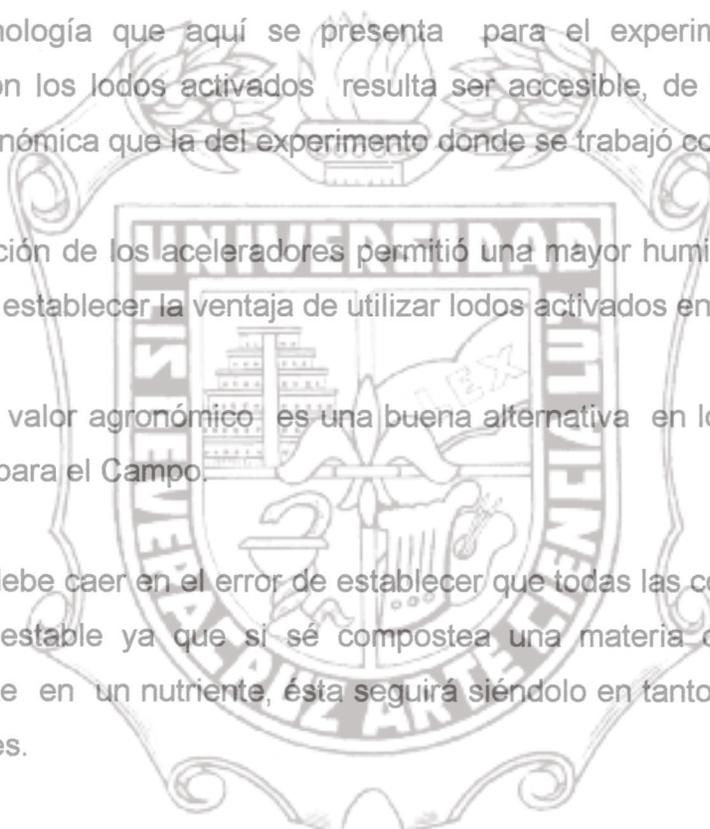
TABLA No 11 Comportamiento microbiológico y parasitológico de las compostas

Especificaciones	Limite Máximo	Resultado
Microorganismos		
<i>Vibrio cholerae</i> o1 en 50 gr	Ausente	Ausente
<i>Coliformes fecales</i> NMP/gr	400	38
Parásitos		
<i>Entamoeba histolytica</i>	2/kg/unidad de muestra	Ausente
Huevos de <i>Áscaris lumbricoides</i>	2/kg/unidad de muestra	Ausente
Huevos de <i>Trichiuris trichiura</i>	2/kg/unidad de muestra	Ausente

Las temperaturas de 58°C, alcanzadas en los experimentos y el blanco, permitieron su auto esterilización logrando así que no se encontrara presencia de parásitos y que los microorganismos, se presentaran por debajo de los límites máximos permitidos por las normas establecidas.

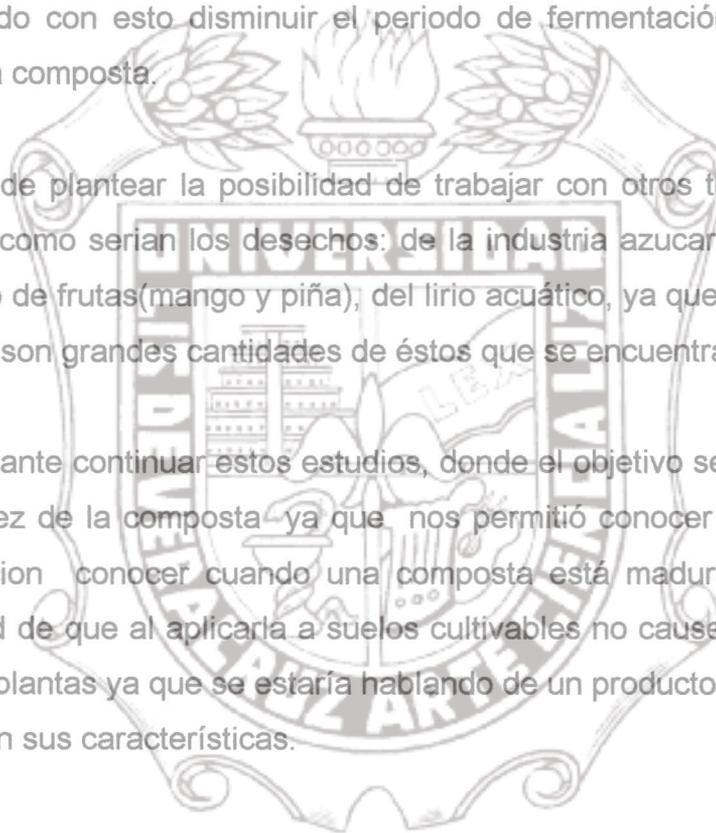
VIII CONCLUSIONES

1. -Dentro de un contexto de desarrollo sustentable y específicamente el reciclaje de residuos, el compostaje demuestra ser una de las opciones, ya que se logra reciclar y estabilizar la materia orgánica.
2. -La tecnología que aquí se presenta para el experimento donde se añadieron los lodos activados resulta ser accesible, de fácil ejecución y mas económica que la del experimento donde se trabajó con biocompos.
3. -La adición de los aceleradores permitió una mayor humidificación lo que permite establecer la ventaja de utilizar lodos activados en el compostaje.
4. -Por su valor agronómico es una buena alternativa en los programas de Alianza para el Campo.
5. -No se debe caer en el error de establecer que todas las compostas son de calidad estable ya que si se compostea una materia orgánica que es deficiente en un nutriente, ésta seguirá siéndolo en tanto no se agreguen nutrientes.
6. -Tomando en cuenta la aceptación de los productos ecológicos en el mercado, la composta obtenida con adición de aceleradores se puede utilizar como abono orgánico en este tipo de explotaciones agrícolas.



IX RECOMENDACIONES

- Es recomendable que se realicen nuevos experimentos donde se adicione los lodos activados pero en concentraciones mayores del 20% como se utilizaron en este trabajo, ya que permitiría conocer si este aumentó en la concentración repercutiría de forma directa al incremento de temperatura permitiendo con esto disminuir el periodo de fermentación en el que se obtiene la composta.
- Se debe de plantear la posibilidad de trabajar con otros tipos de materia orgánica como serian los desechos: de la industria azucarera (caña), del envasado de frutas(mango y piña), del lirio acuático, ya que en la región de Veracruz son grandes cantidades de éstos que se encuentran en tiraderos.
- Es importante continuar estos estudios, donde el objetivo sea el determinar la madurez de la composta ya que nos permitió conocer en términos de humificación conocer cuando una composta está madura para tener la seguridad de que al aplicarla a suelos cultivables no cause ningún daño a suelos y plantas ya que se estaría hablando de un producto completamente estable en sus características.



BIBLIOGRAFÍA

- APHA. 1992. Límites Microbiológicos de los Alimentos. Departamento de Evaluación de Riesgos Microbianos y Parasitosis. Laboratorio Nacional de Salud Pública
- Association Official Analytical Chemists Official Methods of Analysis. 16 th edition 1990 y 17 th edition 1994
- Bernal, M.P., Navarro, F.A., Roig, A., Cegarra, J. y García, D. 1996. Carbon and nitrogen transformation during composting of sweet sorghum bagasse. *Biol. Fert Soils* 22:141-148.
- Castañeda Chávez, 1996 Diseño y construcción de biorreactores piloto para fermentaciones aerobia y anaerobia. Memorias del Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Vallarta, México.
- Chefetz, B., Hatcher, P.G., Hadar, Y. and Chen, Y. 1996. Chemical and Biological Characterization of Organic Matter during Composting of Municipal Solid Waste. *J. Environ. Qual.*, 25: 776-785.
- Environmental Protection Agency. 1994. Composting Yard Trimmings and Municipal Solid Waste. E.P.A. Washington, D.C. pp 141.
- F.A.O. 1977- China: Reciclaje de Desechos Orgánicos en la Agricultura. Boletín de Suelos de la F.A.O No 40. F.A.O. Roma. pp 104
- García, C., Hernández, T. And Costa, F. 1991. Changes in Carbono Fractions during Composting and Maturation of Organic Wastes. *Environ Manage*, 15(3):433-439.

- González-Prieto, S.J., Carballas, M., Villar, M.C., Cabaneiro, A. And Carballas T., 1993. Carbon and Nitrogen- Containing compounds in Composted Urban Refuses. *Bioresource Technol.* 45:115-121.
- Iglesias, E. And Pérez, V. 1991. Composition of domestic refuse and sewage sludge I. Evolution of temperature. PH, C/N ratio and cation-exchange capacity, *resour Conserv Recy* 6:45-60.
- Inbar, Y., Chen, Y., Hadar, Y., and Hoitink, H.A.J. 1990. New aproaches to compost maturity. *BioCycle*, 64-69.
- Mikki, V., Kanninen, K., Knuutinen, J. Hyotylainen, J. and Alén, R., 1994. Characterization of the Humic Material Formed by Composting of Domestic and Industrial Biowastes Part I. HPLC of the Cupric Oxide Oxidation Products from Humics Acids. *Chemosphere*, 29:2609-2618.
- Monrroy, H.G. y C. Viniégra G.G. 1997. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. A.G.T. Ed. Méx. (1990). 177-189
- Olguín, E.J. 1994. El potencial de la biotecnología ambiental dentro de un contexto de desarrollo sustentable. en: "Desarrollo sustentable; Retos y Prioridades", Olguín, E.J., Sánchez, G., Ramírez, M.E. y Mercado, G. (Comp.s) Instituto de Ecología, Xalapa, Ver. México, pp. 89-107.
- Olkowski, H. etal.1980. *The Integral Urban House*.Sierra Club Books. Sn Francisco. pp 494
- Pecsok I. Robert; *Métodos modernos de análisis químicos*; Editorial Limusa, S.A.; México 1977.
- Philip I. Carpenter ; 1992 *Microbiology*; Editorial Interamericana.



- Reilly Conor; 1990 Contamination of food; Appleid science publisher London, Gran Bretaña.
- Sánchez, G., Olgúin, E.J. and Mercado, G .1994 Accelerated coffeee pulp composting. Biodegradation. In Press. Instituto de Ecología, A. C. México
- Schumann, G.L., Soares, H., Holden, C.M. and Switzenbaum, M.S., 1993., Relationship of traditional parameters of compost stability to turfgrass quality. Environ. Technol. 14: 257-263.
- SSA, 1995 Secretaria de Salubridad y Asistencia. Norma Oficial Mexicana-031-SSA1-1993 Bienes y servicios. Productos de la Pesca. Moluscos Bivalvos. Especificaciones sanitarias. México.
- SSA, 1995 Secretaria de Salubridad y Asistencia. Norma Oficial Mexicana-000-SSA1-1994. Determinación de coliformes fecales por la técnica del numero mas probable. México
- Unda O.F. 1993. Ingeniería Sanitaria aplicada al saneamiento y salud publica .Limusa Noriega Editores.México.





APÉNDICES

TABLA A.1 CONTROL DE TEMPERATURAS DEL BLANCO Y REPLICAS

Tiempo (Días)	Blanco (temperatura)	Blanco R1 (temperatura)	Blanco R2 (temperatura)	Blanco R3 (temperatura)	Blanco R4 (temperatura)
1	34	34	34	34	34
2	35	35	35	35	35
3	37	35	35	35	35
4	37	37	37	37	37
5	38	38	38	38	38
6	38	39	39	39	39
7	39	40	40	40	40
8	42	42	42	42	42
9	44	42	42	42	42
10	46	45	45	45	45
11	48	46	46	46	46
12	50	52	52	52	52
13	52	54	54	54	54
14	54	56	56	56	56
15	56	54	54	54	54
16	55	52	52	52	52
17	49	48	48	48	48
18	46	46	46	46	46
19	44	45	45	45	45
20	42	43	43	43	43
21	42	42	42	42	42
22	40	40	40	40	40
23	38	39	39	39	39
24	37	37	37	37	37
25	36	36	36	36	36
26	35	36	36	36	36
27	35	35	35	35	35
28	34	34	34	34	34

R=REPLICA

TABLA A.2 CONTROL DE TEMPERATURAS PARA EL EXP3 CON LODOS ACTIVOS

Tiempo (Días)	EXP 1 (temperatura) (temperatura)	EXP 1R1 (temperatura) (temperatura)	EXP 1R2 (temperatura) (temperatura)	EXP 1R3 (temperatura) (temperatura)	EXP 1R4 (temperatura) (temperatura)
1	37	37	37	37	37
2	43	43	42	40	40
3	43	43	43	42	42
4	44	44	44	44	44
5	45	45	46	45	45
6	45	45	48	46	46
7	46	46	48	48	48
8	48	48	49	48	48
9	49	49	50	50	50
10	50	50	52	52	52
11	53	53	54	54	54
12	56	56	55	55	55
13	56	56	56	55	55
14	53	53	55	52	52
15	52	52	54	52	52
16	49	49	52	50	50
17	46	46	49	49	49
18	44	44	45	48	48
19	40	40	44	46	46
20	40	40	42	44	44
21	38	38	38	40	40
22	37	37	37	38	38
23	36	36	37	37	37
24	35	35	35	35	35
25	34	34	35	34	34
26	34	34	35	34	34
27	34	34	34	34	34
28	34	34	34	34	34

R=REPLICA

TABLA A.3 CONTROL DE TEMPERATURAS EN EL EXP2 CON BIO-COMPOST Y REPLICAS

Tiempo (Dias)	EXP 2	EXP 2R1	EXP 2R2	EXP 2R3	EXP 2R4
	(temperatura)	(temperatura)	(temperatura)	(temperatura)	(temperatura)
1	37	37	36	37	37
2	39	39	37	38	38
3	40	39	39	39	39
4	42	40	41	41	40
5	43	42	41	41	41
6	44	43	43	43	43
7	46	45	44	45	44
8	48	48	48	47	48
9	49	50	51	51	51
10	50	52	53	53	53
11	52	55	56	55	56
12	53	56	56	56	56
13	56	56	55	56	55
14	55	55	54	54	54
15	55	54	52	52	52
16	52	52	50	50	50
17	48	50	48	48	48
18	46	48	46	46	46
19	46	48	45	44	45
20	45	45	44	44	44
21	42	44	43	43	43
22	40	43	42	42	42
23	38	42	41	41	41
24	37	40	40	40	40
25	36	38	38	38	38
26	35	36	35	36	35
27	34	35	34	34	34
28	34	34	34	34	34

R=REPLICA

TABLA B.1

EVALUACION DE COMPOSTAS EN (%) BLANCO Y REPLICAS				
	HUMEDAD	FOSFORO	NITROGENO	CARBONO
BLANCO	42	0.22	2.2	22
BLANCO R1	45	0.19	2	23
BLANCO R2	48	0.17	1.9	22
BLANCO R3	45	0.2	2	22
BLANCO R4	46	0.19	2.2	23

TABLA B.2

EVALUACION DE COMPOSTAS EN (%) EXPERIMENTO 1 Y REPLICAS				
	HUMEDAD	FOSFORO	NITROGENO	CARBONO
EXP 1	60	0.96	3.22	32
EXP 1 R1	58	0.86	3.3	33
EXP 1 R2	58	0.92	3.22	32
EXP 1 R3	56	0.89	3.25	32
EXP 1 R4	54	0.86	3.28	33

EXP 1 : CON ADICION DE BIO-COMPOST

TABLA B.3

EVALUACION DE COMPOSTAS EN (%) EXPERIMENTO 2 Y REPLICAS				
	HUMEDAD	FOSFORO	NITROGENO	CARBONO
EXP 2	52	0.78	3.42	32
EXP 2 R1	52	0.79	3.4	33
EXP 2 R2	55	0.81	3.3	32
EXP 2 R3	55	0.81	3.3	32
EXP 2 R4	55	0.78	3.2	33

EXP 2 : CON ADICION DE LODOS

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE EVALUACIÓN PARA OBTENER COMPOSTA



Selección y picado de la materia prima

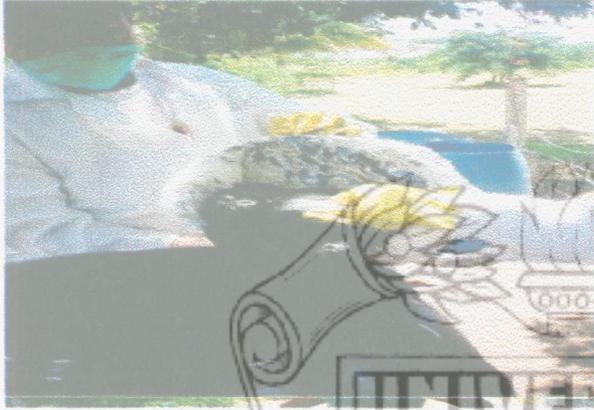


Capa de palos y ramas secas



Malla filtro

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana



Adición de aceleradores



Control pH



Control temperatura



Periodo final de la fermentacion



D.8,9 SECADO DE LAS COMPOSTAS