



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS
EN LA GENERACIÓN DE COMPOST CON NINFA ACUÁTICA (*EICCHORNIA CRASSIPES*)**

Roger Berliér Rios Pérez

Asesorado por la MSc. Licda. Sthéfany Ludivina Fuentes

Guatemala, agosto de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS
EN LA GENERACIÓN DE COMPOST CON NINFA ACUÁTICA (*EICCHORNIA CRASSIPES*)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROGER BERLIÉR RIOS PÉREZ

ASESORADO POR LA MSC. LICDA. STHÉFANY LUDIVINA FUENTES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael Gonzalez Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Julio Chávez Montúfar
EXAMINADOR	Ing. Julio Rivera Palacios
EXAMINADOR	Ing. Otto De León De Paz
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS
EN LA GENERACIÓN DE COMPOST CON NINFA ACUÁTICA (*EICCHORNIA CRASSIPES*)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 8 de agosto de 2013.


Roger Berliér Ríos Pérez

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

ADSE-MEAPP-0027-2013

Guatemala, 08 de agosto de 2013.

Director:
Víctor Manuel Monzón Valdez
Escuela de Ingeniería Química
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Roger Berlier Ríos Pérez** con carné número 1990-12803, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la **Maestría de Energía y Ambiente**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"

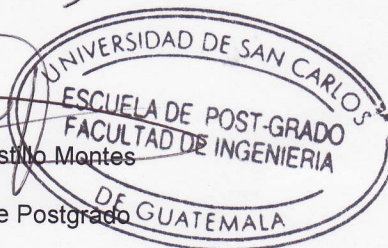
Stefany Ludivina Fuentes
Licenciada en Acuicultura

MSc. Licda. Stefany Ludivina Fuentes 1,177
Asesor (a)

Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Área
Desarrollo social y energético

Ing. Juan C. Fuentes M.
M.Sc. Hidrología
Colegiado No. 2,504

Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo/la

Doctorado: Sostenibilidad y Cambio Climático. **Programas de Maestrías:** Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Estructuras, Energía y Ambiente Ingeniería Geotécnica, Ingeniería para el Desarrollo Municipal, Tecnologías de la Información y la Comunicación, Ingeniería de Mantenimiento. **Especializaciones:** Gestión del Talento Humano, Mercados Eléctricos, Investigación Científica, Educación virtual para el nivel superior, Administración y Mantenimiento Hospitalario, Neuropsicología y Neurociencia aplicada a la Industria, Enseñanza de la Matemática en el nivel superior, Estadística, Seguros y ciencias actuariales, Sistemas de información Geográfica, Sistemas de gestión de calidad, Explotación Minera, Catastro.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.228.2013

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería del estudiante, **ROGER BERLIÉR RIOS PÉREZ**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en ENERGÍA Y AMBIENTE** titulado **"DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS EN LA GENERACIÓN DE COMPOST CON NINFA ACUÁTICA (EICCHORNIA CRASSIPES)"**. Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, agosto 2013

Cc: Archivo
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala
VMMV/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 565 .2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE DOS ALTERNATIVAS EN LA GENERACIÓN DE COMPOST CON NINFA ACUÁTICA (EICCHORNIA CRASSIPES)**, presentado por el estudiante universitario: **Roger Berliér Rios Pérez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 14 de agosto de 2013

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

.

Virgen Maria

Mis padres

Edgar Roger Rios Villatoro y Sheny Dalinda Pérez Ramírez, como agradecimiento por el esfuerzo de toda una vida.

Mi esposa

Haymé Siomara Chinchilla Rodríguez, compañera de vida que Dios me ha dado.

Mis hijos

Marbella Del Pilar y Rodrigo Emiliano Rios Chinchilla, motivadores de este logro.

Mi familia

Por todo el apoyo y cariño, en especial a mis seres queridos que están en el reino de Dios, siempre los recordaré.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por la hermosa familia y amigos que tengo.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por haberme formado profesionalmente, en especial a las escuelas de Ingeniería Química y Escuela de Estudios de Postgrado.
Licda. Sthéfany Fuentes	Por aceptar asesorar este trabajo y por toda su ayuda.
Mis amigos	Por todo el apoyo en nuestra época de estudiante.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN	01
2. ANTECEDENTES	05
3. OBJETIVOS	09
4. JUSTIFICACIÓN	11
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	13
6. ALCANCE DEL TEMA	15
7. MARCO CONCEPTUAL.....	17
7.1. Impacto ambiental sobre el lago de Amatitlán	17
7.1.1. Sobrepoblación del departamento de Guatemala... 17	
7.1.2. Problemática sobre la descarga de aguas residuales	18
7.1.3. Contaminación del lago y los avances.....	18
7.2. Generalidades de la ninfa acuática	19

7.2.1.	Problema ambiental por la presencia de la ninfa acuática	20
7.2.2.	Beneficios de la utilización de la biomasa de ninfa acuática para el ambiente	20
7.3.	Generalidades del compostaje y beneficios para el ambiente	22
7.3.1.	Condiciones de operación del compost.....	23
7.3.2.	Métodos tradicionales de compostaje	25
7.3.3.	Métodos acelerados de compostaje.....	26
7.3.3.1.	Compost acelerado por vermicultura..	26
7.3.3.2.	Compost acelerado por acción de levaduras (<i>Bocashi</i>).....	28
7.3.3.2.1.	Condiciones de operación para el <i>Bocashi</i>	29
7.3.3.2.2.	Ventajas del <i>Bocashi</i> y beneficios al ambiente .	29
7.4.	Fertilizantes químicos en Guatemala. Precio y demanda	30
7.4.1.	El uso de fertilizantes químicos y el daño al ambiente.....	31
7.5.	Legislación Ambiental, Decreto 68-86.....	32
8.	HIPÓTESIS.....	35
9.	CONTENIDO PROPUESTO DEL INFORME FINAL	37
10.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	39
11.	RESULTADOS ESPERADOS	53

12.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	55
13.	RECURSOS NECESARIOS.....	57
14.	BIBLIOGRAFÍA	59
15.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de la unidad experimental	42
2.	Esquema de distribución	43

TABLAS

I.	Variables e indicadores	40
II.	Esquema de formulaciones propuestas	43
III.	Control de humedad y temperatura	46
IV.	Métodos requeridos en laboratorio para el cálculo de minerales en compost	47
V.	Control de porcentaje de fósforo.....	47
VI.	Control de porcentaje de potasio	48
VII.	Control de porcentaje de nitrógeno.....	48
VIII.	Control de pH.....	49
IX.	Control de materia orgánica.....	49
X.	Presencia de metales pesados.....	50
XI.	Recursos necesarios	57

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
C	Carbono
C1	Concentración de levaduras No.1
C2	Concentración de levaduras No.2
C3	Concentración de levaduras No.3
°C	Grados Celsius
H	Hidrógeno
N	Nitrógeno
%H	Porcentaje de humedad
pH	Potencial de hidrógeno

GLOSARIO

Biomasa	Material orgánico que se puede convertir en energía (combustión) o en nutrientes (compost).
<i>Bocashi</i>	Palabra japonesa, proceso en el cual la materia orgánica se descompone y se convierte en nutrientes por la acción de levaduras.
Compost/ composta	Producto resultado del compostaje.
Compostaje	Proceso en el cual la materia orgánica se descompone por las condiciones a las que es sometida y se convierte en nutrientes.
Eutrofización	Proceso que sufren los cuerpos de agua al recibir excedentes de nutrientes.
Levadura	Término utilizado para ciertos hongos unicelulares, que fermentan la materia orgánica.

Lombricultura

Proceso en el cual la materia orgánica se descompone y se convierte en nutrientes por la acción de lombrices, también es llamado vermicultura.

Lombriz

Animal omnívoro, que convierte toda la materia orgánica en nutrientes, la más utilizada para la lombricultura es la *Eisenia foetida*.

Ninfa acuática

Planta acuática llamada también jacinto de agua, su presencia en grandes cantidades es perjudicial a los cuerpos de agua, ya que evita que se realicen las funciones fotosintéticas y esto altera el equilibrio de la vida, matando a los seres acuáticos.

Vermicultura

Término también utilizado para la lombricultura.

RESUMEN

Guatemala es un país en el cual la actividad agrícola es importante, las malas técnicas utilizadas han degradado los suelos, requiriendo cada vez más la utilización de fertilizantes químicos, las estadísticas indican que el consumo de estos productos se incrementa año con año.

Sin embargo no se considera que la fabricación y utilización de estos productos afecta al ambiente. Lo que motiva la realización de este estudio de investigación.

Se evalúa la generación de un abono orgánico (compost) de la ninfa acuática del lago de Amatitlán, una planta que ha crecido en este cuerpo de agua debido al excedente de nutrientes por la contaminación del agua.

Se realizarán dos técnicas diferentes, la vermicultura (proceso utilizando lombrices) y el *Bocashi* (proceso utilizando levaduras).

Utilizando diferentes concentraciones de levaduras y se determinará si esta variable influye en la calidad de compost producido.

Se determinará si el compost por el sistema *Bocashi* tiene mejores beneficios en comparación con el sistema vermicultura.

Con el estudio a realizar se espera fomentar el método de compostaje *Bocashi* y reducir el consumo de fertilizantes químicos.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realiza dentro de las líneas de investigación de la Maestría en Energía y Ambiente de la Escuela de Estudios de Postgrado, especialmente en el tema de tratamiento y estrategias en la gestión de residuos. Específicamente, en el tema de compostaje.

La biomasa de los materiales orgánicos al descomponerse se transforman en nutrientes, este producto se llama compost. Es importante mejorar las técnicas existentes de este proceso y lograr beneficios como, ahorro económico, reducción de tiempo, obtener la mayor cantidad de nutrientes, sin afectar el ambiente y substituir los fertilizantes químicos.

En el presente trabajo se realizará una evaluación de dos métodos para la obtención de compostaje de la biomasa del tallo y hojas de la ninfa acuática (*Eicchornia crassipes*), utilizando como patrón el sistema de lombrices conocido como vermicultura y proponiendo un método alternativo en el cual se utiliza levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), llamado *Bocashi*.

El objetivo del estudio a realizar es, determinar si la levadura reduce el tiempo de compostaje, en comparación con el método de vermicultura, así como determinar si la cantidad de nutrientes producidos son distintos.

En la metodología se utilizará diferentes concentraciones de levaduras para determinar con cuál se obtiene un compost en el menor tiempo. Por medio de análisis físico-químicos se determinará la cantidad de minerales con

los cuales se puede considerar al producto obtenido como un compost, esto en ambos métodos.

El procedimiento experimental se realizará en las instalaciones de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán (AMSA).

El análisis se enfocará en:

- Tiempo de descomposición entre los sistemas de vermicultura y *Bocashi*.
- Utilizar diferentes concentraciones de levaduras en el sistema *Bocashi* y determinar si afecta la descomposición de la materia orgánica.
- Relación de nitrógeno, potasio y carbono obtenida entre las dos metodologías a estudiar.
- Evaluar la relación costo beneficio entre ambos sistemas.

El marco teórico está dividido en tres partes; la primera parte explica la situación del porqué ha crecido la planta ninfa acuática en el lago de Amatitlán, se proporcionará las características generales y beneficios que se pueden obtener de la biomasa de dicha planta y así, contribuir con el ambiente.

La segunda parte explica brevemente el término compost, así como los beneficios que se pueden obtener de este producto, utilizando sistemas de producción acelerados como el vermicultura y el *Bocashi*. Se amplía la información sobre las diferencias entre cada uno de los procesos y su contribución al ambiente.

La tercera parte proporcionará generalidades de los fertilizantes químicos, así como datos del consumo actual (en masa y monto económico) en Guatemala, se menciona brevemente los inconvenientes de la utilización de estos productos químicos para el ambiente, se incluye extracto de algunos artículos de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente que fortalece el trabajo a realizar.

2. ANTECEDENTES

En las últimas décadas la ciudad de Guatemala ha sufrido un crecimiento desmedido y que ha afectado los ríos de la cuenca del lago de Amatitlán, ya que son usados como desagües, tanto por el sector industrial y/o doméstico.

De las aguas residuales el 86 % son de índole domésticas y 14 % provenientes de la industria, sin tratamiento alguno, generando una contaminación drástica al cuerpo receptor que es el lago de Amatitlán. (AMSA, 2011).

Los contaminantes que llegan al lago en mayor concentración son el nitrógeno y fósforo, lo que genera la eutrofización, en el cual el cuerpo de agua es rico en nutrientes, promoviendo el crecimiento de ciertas algas y plantas. Al morir estos, se sedimentan en el fondo, sumando a este fenómeno el daño por la actividad humana, aceleran la muerte del cuerpo de agua. (Pérez, 2003).

Entre las plantas que proliferan en los cuerpos eutrofizados está la ninfa de agua/Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), la cual es una planta no nativa del lugar, siendo una maleza libremente flotante, tiene la capacidad de multiplicarse en forma muy acelerada, duplicando en poco tiempo su biomasa, provocando la muerte de la flora y fauna en donde se encuentra, está incluida dentro de las 100 especies invasivas más dañinas del mundo. (Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M, 2000) .

En 2010 se controló el crecimiento de esta planta en el lago, sin embargo se usa como fitodepuradora, en este caso se refiere a la depuración de aguas contaminadas por medio de plantas superiores (macrófitas) en los humedales o sistemas acuáticos, entre las macrófitas de hojas flotantes utilizadas en este proceso están la ninfa de agua (*Eichhornia crassipes*) y la lenteja de agua (*Lemna sp*) (Delgadillo, Oscar. Camaho, Alan. Pérez , Luis. Andrade Mauricio, 2010).

La ninfa aparte de su belleza tiene la capacidad de absorber los minerales como calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, aluminio, boro, cobre, molibdeno y zinc, así como materiales pesados. En un tratamiento adecuado, las plantas se tienen que mantener en crecimiento activo y eliminado el exceso de las mismas. (Labrada R, Caseley J.C, Parker C., 1996).

Existen forma de acelerar el proceso de compostaje, además de la técnica que emplea lombrices (vermicompostaje), en este caso es por medio de digestores, en los cuales se deposita en un recipiente diseñado para ese fin, el material de ninfa junto a un “degradador de rastros” y se evalúan las condiciones de procedimiento. Otra forma es la de volteo, en la cual se deja en reposo el material a descomponer y se voltea con cierta frecuencia. (Garcia, 2000).

El mayor trabajo en la lombricultura es desarrollado por la lombriz, existen más de 8 000 especies, solamente 2 500 han sido clasificados y solamente tres de ellas han podido ser domesticadas, La preferida de la mayoría de los criadores del mundo es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), debido a su capacidad de adaptación a distintas condiciones de clima y altitud. Se aparean cada 7 a 10 días posteriormente de cada huevo emergen de 2 a 20 embriones, su periodo de incubación es de 21 días, originando lombrices capaces de

moverse y nutrirse de inmediato. Cada lombriz puede producir al año, en condiciones favorables, alrededor de unas 1 500 lombrices, el promedio de vida de la lombriz es de 16 años. (Santizo, 2011).

Otros activadores biológicos que aceleran el compostaje son los derivados de la leche, principalmente el yogurt y el suero de leche, así como la levadura, disminuyendo paulativamente el tiempo de obtención del abono orgánico de 7 a 3,5 meses- (Chilon, Eduardo, 2011).

La ventaja de la fabricación del compost radica en que:

- Mejora en las propiedades químicas y bioquímicas de los suelos.
- Su utilización hace que el suelo retenga más agua.
- Ahorro económico en abonos químicos.
- Es un sistema de reciclaje, con una útil revalorización del residuo.
- El compost es aplicable como sustrato, teniendo importancia su uso en el cultivo de plantas ornamentales. (Morales, 2003)

Los fertilizantes orgánicos como el humus de lombriz son opciones efectivas para combatir la erosión de los suelos, incrementar el rendimiento de las cosechas, evitar la contaminación de los mantos freáticos y satisfacer la demanda de abonos inocuos para una agricultura sustentable.

La fabricación de fertilizantes orgánicos no requiere de una alta inversión, ya que utiliza como materia prima los desechos de un proceso industrial primario. (Santizo, 2011).

Se comprobó el efecto benéfico de la aplicación del compost en el mejoramiento de la fertilidad física y química de los suelos agrícolas, y sobre la dinámica de la población microbiana del suelo, que es la responsable de los procesos de síntesis, transformación y de los ciclos de liberación de los nutrientes para las plantas; con una excelente mejora de la capacidad de almacenamiento de agua por el suelo, contrarrestándose los efectos del cambio climático y en el incremento de rendimiento de los cultivos de seguridad alimentaria, sextuplicándose los rendimientos de tubérculos de papa por hectárea en relación al promedio nacional (Chilon, Eduardo, 2011).

Japón ha utilizado el término *Bocashi* para el abono elaborado por la fermentación de levaduras, con el cual se tiene el beneficio de ser económicos, mejora la fertilidad del suelo, creando plantas más robustas, el efecto del abono es mayor, se puede utilizar levaduras granulada en su fabricación (Galeano, 2000).

Entre las comparaciones de velocidad de compostaje está que el compost de lombriz tarda de uno a dos meses, mientras que el productos del *Bocashi* necesita uno a dos semanas (Jaramillo Gladys, Zapeta Liliana, 2008).

Según un estudio realizado en el 2012, se determinó la presencia de contaminantes en las raíces del Jacinto de agua y se cuantificaron los micro y macronutrientes en ambas secciones de la planta, por lo que se recomienda únicamente el uso de los tallos/ hojas para la elaboración de abono orgánico en determinados suelos. (Casasola, 2012).

3. OBJETIVOS

General

Evaluar dos alternativas en la generación de compost con ninfa acuática en la cuenca del lago de Amatitlán.

Específicos

1. En el sistema *Bocashi*, determinar la concentración de levaduras que minimice el tiempo para obtener compost.
2. Comparar las ventajas económicas de producción entre los procesos de compostaje por vermicultura y *Bocashi*.
3. Determinar la relación carbono /nitrógeno y potasio, materia orgánica, fósforo en ambas metodologías.

4. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se realiza dentro de las líneas de investigación de la Maestría en Energía y Ambiente de la Escuela de Estudios de Postgrado, especialmente en el tema de tratamiento y estrategias en la gestión de residuos. Específicamente, en el tema de compostaje.

Guatemala es un país en el cual la actividad agrícola sigue siendo sumamente importante, la mayoría de áreas rurales depende mucho de la calidad de la tierra para sus subsistencia, las técnicas actuales de limpieza como “tala y quema /rozas” deterioran drásticamente la calidad del suelo, lo que obliga a los agricultores a invertir grandes cantidades de dinero en fertilizantes químicos.

Es evidente que el desconocimiento de la población no ha permitido regenerar los suelos, siendo necesario difundir técnicas en la elaboración de productos naturales como el compost, que permitan a los agricultores mejorar los suelos y por ende obtener mejores cosechas.

Entre las ventajas del compost, se tiene el beneficio económico en comparación con los fertilizantes químicos, es amigable con el ambiente, ya que no requiere energía eléctrica ni otros procesos que genere gases de efecto invernadero, tampoco se necesita empacar, evitando así otra fuente de contaminación.

Por lo anterior es necesario incentivar la actividad productora de compost en poco tiempo, siendo el procedimiento Bocashi una alternativa interesante de evaluar, ya que no existen estudios a nivel nacional en el cual se haya utilizado levadura como acelerador de la descomposición de la biomasa de la ninfa acuática en comparación con otro proceso de compostaje.

Por otro lado la ninfa acuática ha sido considerada como una buena fuente de nutrientes, su biomasa se regenera fácilmente, siendo ideal para este estudio.

5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años se ha evidenciado que los suelos del país se han deteriorado, lo que obliga a la utilización de fertilizantes químicos. Estos aparte de tener precios cada vez más altos, son producidos en fábricas que contaminan el ambiente, sin considerar que, después de varios años de uso los suelos quedan degradados.

Por otro lado, el tratamiento de aguas residuales es casi nulo o escaso, a pesar de que existen normativas, no son completamente aplicadas, lo que está ocasionando la contaminación de los cuerpos de agua, en este caso del lago de Amatitlán. Entidades como AMSA hacen su mejor esfuerzo para mitigar los efectos de la eutrofización que hay en la aguas de lago, pero su aporte se ve casi anulado por el exceso de la contaminación.

Es un hecho que en la actualidad se cultiva la ninfa /lirio acuático con el fin de eliminar los materiales pesados de las aguas que se vierten al lago, sin embargo por el exceso de nutrientes, la población de ninfas se multiplican en poco tiempo. Una forma de aprovechar el exceso de biomasa de las hojas y tallos es la producción de abono orgánico en suelos que no sean destinados para el consumo de animales y/u hombre, como lo son las plantas decorativas o follaje.

En el presente se ha utilizado el proceso de compostaje por medio de lombrices, sin considerar que existen otros métodos que no han sido comparados, como lo es la utilización de levaduras, surgiendo las siguientes inquietudes:

-¿Existe diferencia en el tiempo de compostaje al utilizar los métodos de vermicultura y *Bocashi*?

-¿Si se utiliza diferentes concentraciones de levaduras en la metodología *Bochachi*, se obtiene diferentes tiempos de compostaje?

-¿Cuál sistema de compostaje es más económico?

-¿Hay variación en los nutrientes obtenidos por las diferentes concentraciones de levaduras (nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica)?

6. ALCANCE DEL TEMA

El presente estudio es de índole experimental, enfocándose principalmente en la gestión ambiental del manejo de desechos sólidos , con el fin de proporcionar una alternativa al uso de fertilizantes químicos, mediante la elaboración de un abono orgánico utilizando como acelerador del proceso la acción de levaduras, con lo que se está beneficiando a:

- Instituciones y/o población aledañas al lago, que pueden utilizar el compostaje acelerado como fuente de ingresos.
- Centros de producción de abono orgánico.
- Proyectos de investigación de Escuelas de Ingeniería Química, Agronomía, Química, Ambiental, Maestría en Energía y Ambiente.
- Agricultores en general.

Por ser un estudio de carácter experimental, se realizará pruebas con distintas concentraciones de levaduras, con el fin de acelerar de una manera drástica el compostaje, se enfocará únicamente en la biomasa de las hojas y tallos de la ninfa acuática, ya que las raíces han sido estudiadas y presentan cantidades de metales pesados superiores a los límites permitidos. Se espera que con este estudio se reduzca en un 50 % el tiempo de compostaje utilizando levaduras en comparación con el sistema de vermicultura y obtener cantidades de nutrientes que puedan substituir a los fertilizantes químicos, enriqueciendo los suelos sin afectar el ambiente.

7. MARCO CONCEPTUAL

7.1. Impacto ambiental sobre el lago de Amatitlán

Históricamente las grandes ciudades han sido establecidas cerca de ríos, en muchos casos esto ha sido perjudicial para el ambiente, ya que al final estos recursos hídricos terminan siendo desagües, contaminando inclusive otros cuerpos de agua como lagos.

El lago de Amatitlán no es la excepción, se explica brevemente a continuación.

7.1.1. Sobrepoblación del departamento de Guatemala

Según el Centro de Estudios Universitarios Regional (CEUR, 1990), hubo gran movilización de personas por el conflicto armado y la pobreza, centralizando la actividad económica e industrial en la capital.

El Instituto Nacional de Estadística (INE, 2011) indica que, cerca de 3 millones de personas viven en las cercanías de la ciudad, representando el 21 % del total de la población total, aproximadamente 2,5 millones de personas viven en 14 municipios como ciudad de Guatemala, Santiago Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez, San Lucas Sacatepéquez, Magdalena Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas, San Bartolomé Milpas Altas, Mixco, Santa Catarina Pinula, Fraijanes, Villa Canales, San Miguel Petapa, Villa Nueva y Amatitlán. Desechando gran parte del agua residual doméstica, así como aguas

provenientes de industria de todo tipo a la cuenca del río Villalobos (AMSA, 2011).

7.1.2. Problemática sobre la descarga de aguas residuales

El crecimiento acelerado de las áreas urbanas e industriales de la ciudad de Guatemala y las cabeceras de Mixco, Villa Nueva, San Miguel Petapa, Villa Canales, Amatitlán y parte de Santa Catarina Pinula, ha provocado la eutrofización del lago de Amatitlán, enriqueciendo este cuerpo de agua con contaminantes como fosfatos, nitratos y materia orgánica; dichas poblaciones no cuentan con el tratamiento mínimo de aguas residuales ni de desechos sólidos domésticos. Por lo tanto, las aguas residuales domésticas, que constituyen un 86 % de las aguas superficiales que ingresan al lago, y las aguas industriales, que constituyen un 14 %, son vertidas a los barrancos, ríos y al suelo sin ningún tratamiento, teniendo como consecuencia la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, en niveles tan elevados que el lago de Amatitlán presenta un estado hipertrófico, evidenciando por una elevada producción de microfitas y macrofitas. (Pérez, 2003).

7.1.3. Contaminación del lago y los avances

Debido a los minerales que contiene el agua que desemboca en el lago, en especial fósforo y nitrógeno, el cuerpo de agua se enriquece de ellos, fenómeno llamado eutrofización. Básicamente es una alteración significativa del ecosistema natural por introducción de elementos en concentraciones anormales, esto ayuda a la proliferación de plantas y algas no nativas, las cuales al morir se sedimentan y el ciclo se repite, lo que genera muerte de la vida acuática. (Pérez, 2003).

En 1996 se creó la entidad Autoridad para el Manejo Sustentable de la cuenca del lago de Amatitlán (AMSA) según Decreto No. 64.96, con la finalidad de resguardar y recuperar el lago de Amatitlán, a pesar del esfuerzo realizado por esta entidad, la falta de apoyo por parte de área industria y municipal no ha permitido cumplir el propósito de la entidad. (AMSA, 2011).

7.2. Generalidades de la ninfa acuática

Su nombre científico es *Eichornia crassipes*, es una planta ornamental, con aspecto bello, sin embargo es una de las especies invasivas más peligrosas, ya que por sus raíces sumergidas, bloquean los espacios fluviales y, si el medio tiene muchos nutrientes se multiplica fácilmente en poco tiempo. (Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M, 2000).

Para minimizar la entrada de nutrientes al lago se han realizado varios estudios, entre los cuales proponen las plantas acuáticas como filtros biológicos, que remueven nutrientes y sustancias tóxicas. En el lago de Amatitlán se estableció la ninfa de agua (*Eichornia crassipes*) debido a que es una planta acuática flotante muy eficiente para la absorción de los nutrientes nitrógeno y fósforo, siendo un método de remoción de bajo costo con muy buenos resultados en sus efluentes (Casasola, 2012).

Esta planta tiene la capacidad de absorber los minerales como calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, aluminio, boro, cobre, molibdeno y zinc, así como materiales pesados, por lo que es muy utilizada como un fitofiltro. . (Labrada R, Caseley J.C, Parker C., 1996).

7.2.1. Problema ambiental por la presencia de la ninfa acuática

Cuando existe una proliferación excesiva de ninfa, estas cubren gran parte del embalse, evitando que la luz solar penetre al fondo del agua, por lo que las funciones fotosintéticas del resto de la biota disminuyen, además los restos de ninfa muerta se depositan en el fondo, evitando que se regeneré la vida acuática, esto por la reducción del área de contacto del aire con el agua. (Garcia, 2000).

Debido a la alta concentración de nutrientes en el lago de Amatitlán, la ninfa de agua se ha multiplicado en el mismo, por lo cual se ha buscado la forma de aprovecharlo de alguna manera para que su cosecha tenga un objetivo, y detener la expansión que de lo contrario podría contribuir a la eutrofización que sufre el lago actualmente. (Casasola, 2012).

7.2.2. Beneficios de la utilización de la biomas de ninfa acuática para el ambiente

Chalmers, en 1945 realizó un estudio sobre la utilización de la ninfa en la alimentación de animales rumiantes. Dicho estudio permitió establecer que la mayor cantidad de fibras se encuentran en las hojas, y carbohidratos en el peciolo de dicha planta. Se demostró que la ninfa posee un alto valor nutritivo mayor que la paja, pero menor que el heno. Se sugirió que para mejorar la palatabilidad de esta planta se podría mezclar con melaza.

En Mississippi un proyecto de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América, está fermentando la ninfa anaeróticamente para producir metano. Este proyecto experimental

ofrece un método mediante el cual las hierbas acuáticas pudiesen convertirse en combustible. (Morales, 2003).

La biomasa de la ninfa en exceso puede ser utilizada para la generación de papel de baja calidad, sustituye la paja como sustrato en el cultivo de hongos, y puede ser utilizado como fuente para la producción de biogás, puede convertirse también en briquetas para cocinar y para la iluminación, y ser fertilizante ecológico verde u orgánico, compost para regenerar el suelo. (Amunga, Peter, 2012).

En el estudio realizado por Pérez menciona: “Los sistemas que utilizan plantas acuáticas se basan en el cultivo de plantas superiores dispuestas en lagunas, tanques o canales poco profundos, los cuales degradan, absorben y asimilan en sus tejidos los contaminantes, y también proporcionan una extensa superficie donde se posibilita el crecimiento bacteriano y se filtran los elementos sólidos en suspensión. En los sistemas de flujo superficial la eliminación de contaminantes se produce por reacciones que tienen lugar en el agua y en la zona superior de contacto, ya que por las raíces circula una escasa cantidad de agua residual, lo que restringen su potencial de depuración. Al crecer flotando estas especies forman una densa esponja de raíces y rizomas que ocupan todo el volumen del vaso (laguna o canal), obligan a que toda el agua circule por esta maraña de vegetación, que actúa a su vez de soporte de los microorganismos que degradan la materia orgánica. Las hojas paralelamente, bombean oxígeno a las raíces, lo que favorece el proceso de degradación de los contaminantes”.

7.3. Generalidades del compostaje y beneficios para el ambiente

La palabra compost viene del latín componente, juntar; es la reunión de un conjunto de restos orgánico que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, con olor a humus. (Hernández, 2000).

Se ha definido como “un proceso natural y bioxidativo, en el que intervienen numerosos y variados microorganismos aeróbicos que requieren humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, implica el paso por una etapa termófila dando al final como producto de los procesos de degradación de dióxido de carbono, agua y minerales, como también una materia orgánica estable, libre de patógenos y disponible a enriquecer el suelo sin que cause problemas”. (Jaramillo Gladys, Zapeta Liliana, 2008).

El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas, además se tiene como ventajas, que no es contaminante, sus costos son bajos, se utilizan recursos locales, y la producción mejora considerablemente. (Méndez, 2011).

El compost se clasifica como un acondicionador del suelo más que como abono, contiene nitrógeno, potasio, fósforo y carbono, El compost acabado agrega estos elementos y otros, pero es de efecto más lento que los fertilizantes químicos, y aumenta la disponibilidad de estos elementos en el suelo, el compost cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas biológicas del suelo (Cajamarca, 2012).

La división de Agricultura y Recursos Naturales de la Universidad de California indican que el compost:

- Ahorra agua al ayudar a mantener la tierra húmeda y reducir la escorrentía.
- Beneficia al medio ambiente a través del reciclaje de materiales orgánicos y de la conservación del espacio de vertederos.
- Reduce la necesidad de enmiendas de suelo y fertilizantes comerciales.
- Añade nutrientes y microorganismos beneficiosos, retiene el agua y mejora el crecimiento de las plantas.
- Provee cantidades suplementarias de nutrientes de liberación lenta.
- Aumenta el contenido en materia orgánica del suelo.
- Fomenta la estructura saludable de las raíces.
- Hace más ligeros los suelos arcillosos y ayuda a mantener el agua en los suelos arenosos.
- Atrae y alimenta a las lombrices de tierra y microorganismos beneficiosos.
- Ayuda a equilibrar el pH.
- Ayuda a controlar la erosión del suelo.
- Ayuda a proteger a las plantas de la sequía y las heladas.
- Reduce el uso de fertilizantes químicos.
- Modera la temperatura del suelo y reduce las melazas cuando se usa como “*mulching*” (acolchado). . (Geisel, 2009).

7.3.1. Condiciones de operación del compost

Entre los factores a considerar para obtener un buen compost están: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N equilibrada, población microbiana (Ixcot, 1995).

Relación carbono / nitrógeno (C/N): se refiere a la cantidad de carbono que tiene un material respecto a la cantidad de nitrógeno que tiene ese mismo material. Para obtener una mezcla final adecuada es importante obtener una relación de C/N desde 20:1 hasta 40:1, que es el rango operacional para este parámetro.

Temperatura: es el indicador más confiable ya que afecta directamente al control de los patógenos. La mayoría de microorganismos aeróbicos crece mejor entre 20 y 35 °C, si se mantiene la temperatura entre 50 55 °C por un período mayor a 2 días consecutivos, se eliminarán la mayoría de microorganismos patógenos. Dependiendo de las actividades se llaman: criófilas de 5-15 °c, mesófilas de 15-45 °c y termófilas de 45-70 °C.

Tamaño de partículas: material de compost que está conformado por partículas pequeñas son más fácil de descomponer. (Andrade, 2008).

Control de pH: el óptimo para el crecimiento de bacterias y otros organismos del compost se encuentra en el rango entre 6-8 a un pH de 8-9. (Andrade, 2008).

Influye en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos, que se desarrollan colonialmente a determinados pH, lo cual puede afectar en el proceso de elaboración de compost, al no darse el pH adecuado en la técnica de compostaje los microorganismos no se pueden desarrollar óptimamente con lo cual el desdoblamiento de las moléculas orgánicas complejas a formas sencillas no se puede dar y la materia orgánica no se aprovecharía en sus totalidad dándose en el proceso un bajo porcentaje de materia orgánica fácilmente oxidable. (Morales, 2003).

Oxígeno: se consideran dos divisiones, compostaje aeróbico y compostaje anaeróbico, estos términos tienen un significado relativo e indican las condiciones predominantes en el proceso. El compostaje aeróbico se caracteriza por una rápida descomposición a cargo de las bacterias presentes, con la consecuente liberación de una gran cantidad de energía en forma de calor a causa de la oxidación del carbono orgánico a dióxido de carbono. (Morales, 2003).

7.3.2. Métodos tradicionales de compostaje

Existen varios métodos para la generación de compost, entre los cuales (García, 2000) menciona:

- **Degradador enzimático:** se basa en una mezcla de enzimas, que incrementan la actividad microbiana, acelerando la descomposición de materia orgánica. Este proceso dura entre 60 y 90 días, el volumen de residuos se reducen hasta en un 70 %.
- **Volteo:** este método consiste básicamente en oxigenar el material a degradar, algunos consideran que sólo con proporcionarle entradas de aire a la materia el proceso madura rápidamente, esto porque el oxígeno es esencial para el metabolismo y respiración de microorganismos aeróbicos y para la oxidación de moléculas orgánicas.
- **Descomposición natural o testigo:** en el cual se deja que la acción microbiana se realice en forma natural, en este caso el tiempo de descomposición es extenso.

7.3.3. Método acelerado de compostaje

Existen formas de poder acelerar el proceso del compostaje, uno muy utilizado en occidente para obtener un compost maduro es el llamado vermicultura o lombricultura, así mismo Japón experimentó con levaduras, llamándolo *Bocashi*.

Las características de un compost maduro son según la Universidad Autónoma de Madrid:

- Propiedades físicas: densidad aparente, color, olor, humedad, granulometría, capacidad de retención de agua, contaminantes inertes.
- Propiedades químicas: contenido y estabilidad de la materia orgánica, nutrientes minerales, contaminantes, sales solubles, pH.
- Propiedades biológicas: patógenos y semillas de malas hierbas. (Asociación Ferrer I Guardia , Ochoa Soto, 2004)

7.3.3.1. Compost acelerado por vermicultura o lombricultura

Es una actividad zootécnica enfocada en la crianza de lombrices, se utiliza como herramienta de trabajo para la transformación de desechos orgánicos. Se basa en la utilización de lombrices de tierra adaptadas a vivir en condiciones de cautiverio, con capacidad para procesar una gama de materiales orgánicos. Transformándolos en producto básico: humus de lombriz que es rico en fosfatos, carbonatos de potasio y proteínas de origen animal. (Martinez, 2004).

Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60 % transformando en humus de lombriz o vermicompost que es un abono orgánico prácticamente insuperable que “puede incrementar hasta en un 300 % la producción de hortalizas y otros productos vegetales”. (Andrade, 2008).

El humus es inodoro, no se pudre ni se fermenta. Contiene 5 % de nitrógeno, 5 % de fósforo, 5 % de potasio, 4 % de calcio y una carga bacteriana de 2 billones por gramo y un pH de 7 a 7,5. (Martinez, 2004).

El vermicompostaje, implica la acción de lombrices y microorganismos para llevar a cabo la biooxidación y la esterilización del material orgánico, siendo las lombrices elementales en el proceso, ya que airean, acondicionan y fragmentan el sustrato, El compostaje implica la acción de microorganismos para acelerar la degradación de la materia orgánica bajo condiciones controladas, eliminando los organismos patógenos. (Moreno Sánchez, Beatriz, 2009).

Dentro de los cuidados que hay que tener, está el que hay que cubrir las cajas de lombrices para protegerlas del sol, evitando los rayos ultravioletas, se recomienda cubrirlas con un techo de plástico, además, un control constante de la humedad es indispensable en la lombricultura, este control se hace generalmente incluyendo la cantidad de agua que se necesite. (Andrade, 2008).

El objetivo principal del uso del compost es suministrar los minerales en la nutrición inorgánica a los cultivos. La mineralización de la materia orgánica permite la liberación de minerales los cuales son absorbidos fácilmente por las plantas y favorecen la eliminación de los patógenos, que podrían estar fácilmente en la materia orgánica fresca y causar daño al cultivo. Se

recomienda temperaturas relativamente altas, 60- 80°C para asegurar que se reduzcan los microorganismos patógenos. (Piedrahita, Cristian; Calviedes, Diego, 2012).

7.3.3.2. Compost acelerado por acción de levaduras (*Bocashi*)

La palabra *Bocashi* es del idioma japonés y para el caso de la elaboración de los abonos orgánicos fermentados, significa cocer al vapor los materiales del abono, aprovechando el calor que se genera con la fermentación aeróbica de los mismos. (Respreto, 2007).

Este tipo de abono orgánico, originario en Japón, posee muchos nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Se obtiene a través de la fermentación de materiales, húmedos y secos que van mezclados. Los nutrientes obtenidos de la fermentación de los materiales mayores y menores forman un abono completo incluso superior al de los fertilizantes químicos. Estimula el crecimiento de las raíces y follaje de la planta al ser asimilados los nutrientes por el suelo, el tiempo de obtención del producto orgánico descompuesto es menor, reduce la acidez de los suelos y es más económico. (Pagalo, 2007).

La levadura constituye el principal al fuente de inoculación microbiológica, para la fabricación de abonos orgánicos. (Restrepo,2009).

Un inoculante microbiano es un producto que contiene una cepa o combinación de diferentes cepas de microorganismos vivos, el cual puede mejorar la calidad de abono orgánico. (Piedrahita, Cristian; Calviedes, Diego, 2012).

7.3.3.2.1. Condiciones de operación para el *Bocashi*

“Temperatura: después de 14 horas de haberse preparado el abono debe de presentar temperaturas superiores a 50 °C.

Humedad: determina las condiciones para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante el proceso de fermentación del abono, oscila entre un 50 y 60% del peso.

La aireación: es la presencia de oxígeno dentro de la mezcla, necesaria para la fermentación aeróbica del abono.

pH: se requiere para la elaboración de *Bocashi* de un 6 a 7,5 .

Relación carbono/ nitrógeno (C/N): la relación ideal para la fabricación de un abono de rápida fermentación es de 25:35. (Cajamarca, 2012).

7.3.3.2.2. Ventajas del *Bocashi* y beneficios al ambiente

- No se forman gases tóxicos ni surgen malos olores debido a los controles que se realizan en cada etapa del proceso de la fermentación, evitándose cualquier inicio de putrefacción.
- Se facilita el manejo del volumen de abono, almacenamiento, transporte y la disposición de los materiales para elaborarlo, de acuerdo con las condiciones económicas.
- Se puede elaborar en la mayoría de ambientes y climas.

- Se autorregulan “agentes patogénicos” en la tierra, por medio de la inoculación biológica natural, principalmente de bacterias, hongos, levaduras entre otros.
- Se da la posibilidad de utilizar el producto final en los cultivos, en un período relativamente corto y a costos muy bajo.

Entre las comparaciones de velocidad de compostaje está que el compost de lombriz tarda de uno a dos meses, mientras que el producto del *Bocashi* necesita uno a dos semanas (tabla I). (Jaramillo Gladys, Zapeta Liliana, 2008).

El objetivo principal del *Bocashi* es activar y aumentar la cantidad de microorganismos benéficos en el suelo, pero también, se persigue nutrir el cultivo y suplir alimentos y materia orgánica, para dichos organismos. El suministro derivado de microorganismos benéficos eliminan los microorganismos patógenos gracias a la combinación de fermentación alcohólica con una temperatura entre 40-50 °C. (Piedrahita, Cristian; Calviedes, Diego, 2012).

7.4. Fertilizantes químicos en Guatemala. Precios y demanda

Guatemala es un país eminentemente agrícola, donde el 13,42 % del PIB lo aporta el sector agropecuario y el 42,5 % de la población económicamente activa se dedica a esta actividad. La población se incrementa año con año y las áreas para la producción de alimentos disminuyen ya que muchas tierras de cultivos se están convirtiendo en tierras urbanas, ocupando regiones en conservación. Una de las consecuencias de estas dinámicas es que los agricultores han tenido que adoptar nuevas tecnologías para alcanzar más rendimientos por unidad de producción, entre las cuales se puede mencionar: la utilización de variedades mejoradas resistentes a condiciones climáticas

específicas, enfermedades, plagas, maquinaria para preparar los suelos y obtener mejores rendimientos, uso de agroquímicos específicos de fertilizantes para la obtención de mejores rendimientos. (Asociación de Investigación y Estudios Sociales –ASIES-, 2012).

En Guatemala están establecidas y operan más de 50 empresas que importan algún tipo de fertilizante para la agricultura, desde fertilizantes granulados, fertilizantes hidrosolubles, fertilizantes foliares o materias primas para formular mezclas específicas de fertilizantes para un cultivo dado. (Asociación de Investigación y Estudios Sociales –ASIES-, 2012).

En las tablas 4 y 5 (ver anexos) el abono químico más utilizado es el llamado Urea, en comparación con el resto de opciones del mercado.

Según tablas 3 y 6 (ver anexos) se observa que los precios de los fertilizantes químicos tienen un alza considerable, lo que obliga a los agricultores a buscar alternativas más económicas, amigables al ambiente y que sean sustentables.

7.4.1. El uso de fertilizantes químicos y el daño al ambiente

El gobierno de Navarra (España) menciona: “Los principales efectos medioambientales que el uso del Nitrógeno como fertilizante puede provocar son:

Lixiviado o lavado del N nítrico (nitrato) hacia las aguas subterráneas.

Volatilización del amoníaco hacia la atmósfera, se produce cuando el nitrógeno en forma amoniacal queda en la superficie del suelo, y se ve favorecida con el clima seco o ventoso. El amoníaco en la atmósfera puede provocar lluvia ácida.

Desnitrificación; pérdida hacia la atmósfera de óxidos nitrosos. Se ve favorecida en suelos saturados de agua. Este tipo de gases poseen un alto efecto invernadero.

Derivados del coste energético de la fabricación de abonos nitrogenados: Los abonos nitrogenados que utilizamos procedentes de la industria de fertilizantes, tienen como origen común la síntesis del amoníaco. Por este proceso industrial se obtiene de la atmósfera que respiramos, rica en nitrógeno, el amoníaco que es la fuente de todos los abonos inorgánicos que se fabrican. Para obtener este producto final se requiere mucha energía, ya que precisan 500° de temperatura y 300 atmósferas de presión. Por lo que la fertilización supone un alto coste energético en la producción de cultivos, esto debido a la fabricación de abonos nitrogenados. (Irañeta, Sánchez, & Malumbres, 2010).

7.5. Legislación Ambiental, Decreto 68-86

El Congreso de la República según el Decreto 68- 86 ha emitido la ley de protección del medio ambiente, esto según “a que la situación de recursos naturales y el medio ambiente en general en Guatemala ha alcanzado niveles críticos de deterioro que inciden directamente en la calidad de vida de los habitantes y ecosistemas del país., obligándolos a tomar acciones inmediatas y así garantizar un ambiente propicio para el futuro.”

Dentro de los artículos que indican sobre la conservación del medio ambiente están:

Artículo 1: “El estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, propiciarán el desarrollo social, económico, científico y tecnológico que prevenga la contaminación del medio ambiente y mantenga el equilibrio ecológico.”

Artículo 12: “Son objetivos de esta ley, la protección, conservación y mejoramiento de los recursos naturales del país, así como la prevención del deterioro y mal uso o destrucción de los mismo. Orientar los sistemas educativos, ambientales y culturales, hacia la formación de recursos humanos calificados en ciencias ambientales y la educación a todos los niveles para formar una conciencia ecológica en toda la población. La creación de toda clase de incentivos y estímulos para fomentar programas e iniciativas que se encaminen a la protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente.”

Artículo 16: “El deterioro cualitativo y cuantitativo de los suelos, cualquiera otra causa o procesos que puedan provocar deterioro de estos sistemas”. (Congreso, 1986).

8. HIPÓTESIS

Los tiempos necesarios para la obtención de compost de la biomasa de la ninfa acuática por medio de dos metodologías a estudiar son distintos.

La utilización de levaduras en diferente concentración influye en el tiempo para la obtención de compostaje.

9. CONTENIDO PROPUESTO DEL INFORME FINAL

1. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES
2. GLOSARIO
3. INTRODUCCIÓN
4. ANTECEDENTES
5. OBJETIVOS
6. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
7. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA
8. ALCANCES

9. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL
 - 9.1. El impacto ambiental sobre el lago de Amatitlán
 - 9.1.1. Sobrepoblación del departamento de Guatemala
 - 9.1.2. Problemática sobre la descarga de aguas residuales
 - 9.1.3. Contaminación del lago de Amatitlán y los avances
 - 9.2. Generalidades de la ninfa acuática
 - 9.2.1. Problema de la presencia de la ninfa acuática
 - 9.2.2. Beneficios de la utilización de la biomasa de ninfa acuática para el ambiente
 - 9.3. Generalidades del proceso de compostaje y beneficios para el ambiente
 - 9.3.1. Condiciones de operación del compostaje
 - 9.3.2. Métodos tradicionales de compostaje
 - 9.3.3. Método acelerado de compostaje
 - 9.3.3.1. Vermicultura o lombricultura
 - 9.3.3.2. Acelerado por levaduras (*Bocashi*)

- 9.3.3.2.1. Condiciones de operación para el *Bocashi*
 - 9.3.3.2.2. Ventajas del *Bocashi* y beneficios al ambiente
 - 9.4. Fertilizantes químicos en Guatemala, precios y demanda
 - 9.5. Uso de fertilizantes químicos y el daño al ambiente
 - 9.6. Legislación ambiental, Decreto Ley 68-86
- 10. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN
- 11. RESULTADOS
- 12. DISCUSIÓN DE RESULTADOS
- 13. CONCLUSIONES
- 14. RECOMENDACIONES
- 15. BIBLIOGRAFÍA
- 16. ANEXOS

10. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Tipo de investigación

El estudio a realizar es de carácter experimental descriptivo, ya que se pretende acelerar un proceso de compostaje utilizando levaduras, en diferentes concentraciones, teniendo como patrón de referencia el sistema de compostaje “vermicultura”, el objetivo es reducir el tiempo y obtener mejores resultados en los nutrientes producidos.

Tipo de hipótesis de investigación

La hipótesis planteada en este trabajo es una hipótesis de diferencia entre grupos, ya que se considera a cada concentración como un ensayo independiente.

Metodología

Fase 1. Investigación preliminar

Investigación documental

Se profundizará sobre los estudios realizados sobre técnica del *Bocashi*, abono orgánico fermentado por levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*).

Se recopilará información sobre estudios de compostaje utilizando lombrices, en especial la (*Eisenia foetida*).

Muestras

Se tomará muestras de ninfa acuática de un solo punto de la cercanías del lago de Amatitlán, esto para garantizar que todas las muestras a estudiar tengan las mismas características.

Fase 2. Diseño de investigación, metodología

Variables

Se detalla las variables independientes / dependientes, así como indicadores y dimensionales a utilizar.

Tabla I. **Variables e indicadores**

Variable	Tipo de Variable	Indicador	Dimensionales
<i>Sistema lombrices</i>	Independiente	Tiempo	Días
<i>Sistema Bocashi</i>	Independiente	Tiempo	Días
<i>Presencia de Nitrógeno</i>	Dependiente	%	Concentración
<i>Materia Orgánica</i>	Dependiente	%	Masa
<i>Presencia de Potasio</i>	Dependiente	%	Concentración
<i>Relación C / N</i>	Dependiente	Número	Adimensional
<i>Presencia de Fósforo</i>	Dependiente	%	Concentración

Fuente: elaboración propia.

Manipulación de variables

Se requiere realizar para determinar si una o varias variables independientes afectan a las variables dependientes y porqué. (Hernández Sampieri, Fernández Collado).

Cada una de las variables independientes se manipulará cinco veces y se evaluará el efecto que tendrá sobre las variables dependientes. Se variará las concentraciones de levadura (proceso *Bocashi*) para evaluar mediante análisis de laboratorio, el efecto de cada variación.

Validez

Todo experimento debe cumplir con el control o validez interna, es decir, si se observa que la manipulación de las variables independientes provoca un cambio en las variables dependientes, es muy probable que la variación se deba a la manipulación de las independientes y no a otros factores. (Hernández Sampieri, Fernández Collado).

Se realizarán cuatro repeticiones de cada concentración de levadura, comparándolas con una repetición de sistema con lombrices.

Validez externa

Los análisis físico-químicos de laboratorio realizados en un centro certificado proporcionarán los resultados reales de este experimento.

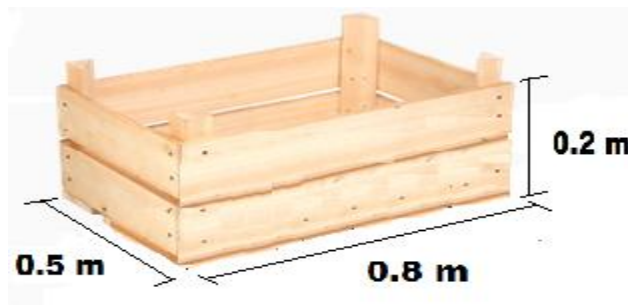
Procedimiento

En el presente trabajo se tomará como base la metodología utilizada en el estudio “Evaluación de sistemas para acelerar el proceso de descomposición del lirio acuático para la producción de compost” especialmente utilizando el sistema de lombrices (*Eusemia foetida*).

Diseño experimental

Este estudio se realizará en cajones de madera, que se llamarán “aboneras o unidades experimentales”, con las siguientes medidas (l x w x h) 0,8 m x 0,5 m x 0,2 m, con un volumen de 0,08 m.

Figura 1. **Esquema de la unidad experimental**



Fuente: elaboración propia.

Se necesitarán 20 unidades experimentales, esto con el fin de reproducir el estudio anteriormente mencionado. Las aboneras estarán dispersas en un área con sombra y con una distancia de 1 metro entre cada una para garantizar una aireación adecuada.

Del total de unidades experimentales, se destinarán las siguientes cantidades a cada método:

Tabla II. **Esquema de formulaciones propuestas**

	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4	Ensayo 5
Vermicultura	Lombrices	Lombrices	Lombrices	Lombrices	Lombrices
Levadura C1	Sol Levaduras C1	Sol Levaduras C1	Sol Levaduras C1	Sol Levaduras C1	Sol Levaduras C1
Levadura C2	Sol Levaduras C2	Sol Levaduras C2	Sol Levaduras C2	Sol Levaduras C2	Sol Levaduras C2
Levadura C3	Sol Levaduras C3	Sol Levaduras C3	Sol Levaduras C3	Sol Levaduras C3	Sol Levaduras C3

Fuente: elaboración propia.

Figura 2. **Esquema de distribución**



Fuente: elaboración propia.

Metodología

Se picarán los tallos y hojas de la ninfa acuática hasta formar una masa fácil de manipular.

Se llenará una abonera hasta la altura de 16 centímetros para establecer el peso aproximado y poder que todas las aboneras tengan el mismo peso.

Tratamiento con vermicultura

En cinco unidades experimentales identificadas se llenará de hojas y tallos de ninfa acuática picada hasta una altura de 8 centímetros, se colocará 300 lombrices sobre esta superficie, posteriormente se debe cubrir con más material picado hasta que la altura alcance los 16 centímetros.

Tratamiento con levadura

Se prepararán diferentes concentraciones de levaduras, llamadas: Concentración C1, Concentración C2 y Concentración C3.

Se utilizará cuatro aboneras identificadas para cada una de las concentraciones, se detalla a continuación el procedimiento para la elaboración de cada una:

Para la concentración C1:

En un recipiente con capacidad mayor a 2 galones, se mezclará 2 galones de agua, 50 gramos de levadura, 100 gramos de azúcar hasta formar un jarabe.

Se colocará una capas de lirio acuático picado en capas hasta alcanzar una altura de 4 centímetros, posteriormente se debe mojar el lirio con dicho jarabe en forma uniforme, colocando nuevamente otra capa de lirio picado, mojándolo con el jarabe, repitiendo esto hasta alcanzar la altura de 16 centímetros.

Para la concentración C2:

En un recipiente con capacidad mayor a 2 galones, se mezclará 2 galones de agua, 100 gramos de levadura, 200 gramos de azúcar hasta formar un jarabe.

Se colocará una capas de lirio acuático picado en capas hasta alcanzar una altura de 4 centímetros , posteriormente se debe mojar el lirio con dicho jarabe en forma uniforme, colocando nuevamente otra capa de lirio picado, mojándolo con el jarabe, repitiendo esto hasta alcanzar la altura de 16 centímetros.

Para la concentración C3:

En un recipiente con capacidad mayor a 2 galones, se mezclará 2 galones de agua, 200 gramos de levadura, 400 gramos de azúcar hasta formar un jarabe.

Se colocará una capas de lirio acuático picado en capas hasta alcanzar una altura de 4 centímetros, posteriormente se debe mojar el lirio con dicho jarabe en forma uniforme, colocando nuevamente otra capa de lirio picado, mojándolo con el jarabe, repitiendo esto hasta alcanzar la altura de 16 centímetros.

En los cuatro tratamientos estudiados se realizarán medidas de temperatura.

Para el control de humedad, se hará riego cuando sea necesario, esto se determinará por medio del tacto, se tomará una muestra de material con la mano y si éste al comprimirlo derrama gotas de agua la humedad está aceptable. En caso contrario, se rociará según sea conveniente.

Para los tratamientos en los que se utiliza levadura se les realizará volteo cada diez días.

Tabla III. **Control de humedad y temperatura**

FECHA:	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3		Ensayo 4		Ensayo 5	
	% H	°C	% H	°C	% H	°C	% H	°C	% H	°C
Vermicultura										
Levadura C1										
Levadura C2										
Levadura C3										

%H: Humedad relativa.

°C: Temperatura en ° Celsius.

Fuente: elaboración propia.

A partir del día 45 se tomarán muestras de 0,2 kilogramos cada 15 días, de cada abonera y se mezclarán para obtener una muestra representativa de su grupo, hasta concluir el estudio en el día 120. Se realizarán análisis físico-químicos del porcentaje de potasio, fósforo, nitrógeno, materia orgánica y pH.

En el día 120 se realizará un análisis de presencia de metales pesados, con el fin de comparar si existe alguna diferencia entre ambos tratamientos.

Los análisis químicos serán realizados en laboratorios certificados dentro del perímetro capitalino.

Métodos requeridos en laboratorios para el cálculo de minerales en compost.

Tabla IV. **Métodos requeridos en el laboratorio para el cálculo de minerales en el compost**

Determinación	Método
Fósforo (%)	Colorimetría
Potasio (%)	Carolina del Norte
Nitrogeno (%)	Metodología de Kjeldahl
pH	Potenciometro
Materia Orgánica (%)	Walkey & Black Modificado

Fuente: García 2000.

Tabla a llenar cada 15 días según exámenes de laboratorio.

Tabla V. **Control de porcentaje de fósforo**

% Fósforo	Inicio	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
Vermicultura							
Levaduras C1							
Levaduras C2							
Levaduras C3							

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Control de porcentaje de potasio**

% Potasio	Inicio	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
Vermicultura							
Levaduras C1							
Levaduras C2							
Levaduras C3							

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Control de porcentaje de nitrógeno**

% Nitrógeno	Inicio	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
Vermicultura							
Levaduras C1							
Levaduras C2							
Levaduras C3							

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Control de pH**

pH	Inicio	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
Vermicultura							
Levaduras C1							
Levaduras C2							
Levaduras C3							

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Control de materia orgánica**

Materia Orgánica	Inicio	45 días	60 días	75 días	90 días	105 días	120 días
Vermicultura							
Levaduras C1							
Levaduras C2							
Levaduras C3							

Fuente: elaboración propia.

Se realizará un análisis de metales pesados a una muestra inicial y posteriormente en el día 120 se realizará el análisis a todos los ensayos, con el fin de comparar si existe alguna diferencia entre ambos tratamientos.

Tabla X. **Presencia de metales pesados**

Presencia Metal pesados	Inicio	120 días
Vermicultura		
Levaduras C1		
Levaduras C2		
Levaduras C3		

Fuente: elaboración propia.

Determinación de descomposición del sustrato

Se determina que el material está degradado calculando el porcentaje de carbono orgánico, ($\% C = \% \text{Materia Orgánica} / 1,724$) y la relación de Carbono/Nitrógeno determinada por ($C/N = \% C / \% N$). Se considera que se ha estabilizado cuando las actividades de descomposición cesan. Determinando el tiempo de descomposición para cada uno de los métodos y se realizará el análisis de varianza.

Estos registros determinarán cual es el tratamiento en el cual se obtuvo el menor tiempo de compostaje.

Se realizará análisis de moda, mediana, media aritmética, rango, desviación estándar, varianza, análisis factorial de varianza, análisis a los resultados físico-químicos de nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, ph, relación de carbono / nitrógeno, metales pesados.

Si existe una diferencia significativa se realizará la prueba de Tukey para cuantificar los efectos de cada variable.

Se realizará un análisis económico al sistema de Vermicultura comparándolo con el sistema con concentración de levadura que obtuvo el tiempo más corto, para determinar cuál es el más rentable.

11. RESULTADOS ESPERADOS

Entre los resultados que se esperan están:

- El tiempo de compostaje entre ambos métodos estudiados sean diferentes, siendo el que requiera menor tiempo el método de levaduras.
- En el método de levaduras, la reducción del tiempo de compostaje es proporcional al incremento de concentración de levaduras.
- El método de levadura proporciona un compost con un costo menor.
- El método de vermicultura posee una presencia de metales pesados mayor que el método utilizando levaduras.

12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

	septiembre					octubre					noviembre					diciembre					enero					
	Días del Estudio																									
Actividad	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	140	
Preparación de muestras																										
Realización Estudio																										
Toma lecturas Temperatura, Humedad																										
Análisis de fisico-químicos (N,P, K,MO)																										
Análisis Metales pesados																										
Interpretación de resultados, elaboración de informe																										

13. RECURSOS NECESARIOS

Tabla XI. Recursos necesarios

Recursos humanos	Costo por hora en (Q.)	Total por 5 meses en (Q.)
Asesor	50	2 000,00
Estudiante	25	1 000,00
Imprevistos	10%	600,00
	Total recurso humano	3 600,00
Materiales e insumos	Costo por hora en (Q.)	Total por 5 meses en (Q.)
20 cajas de madera	100,00	2 000,00
2 todos para sombra	2,00	650,00
1 500 lombrices	2,50	3 750,00
1 750 g de levadura	0,25	437,50
3500 g de azúcar	0,03	105,00
	Total material e insumos	6 942,50
Análisis de laboratorio	Costo unitario en (Q.)	Total estudio en (Q.)
20 análisis físico-químicos	400,00	8 000,00
2 análisis metal pesados	700,00	1 400,00
	Total análisis de laboratorio	9 400,00
	Total estudio en (Q.)	19 942,50

Fuente: elaboración propia.

14. BIBLIOGRAFÍA

1. AGEXPORT. (2012). *Informe de las Exportaciones Acumuladas a Diciembre 2012*. Guatemala: AGEXPORT.
2. AMSA. (2011). <http://www.amsa.gob.gt/blog/?p=2259>. Recuperado el 28 de 02 de 2013
3. Amunga, P. (JUNIO de 2012). *Un club de jóvenes encontró un mercado para una mala hierba*. (UNESCO, Ed.) Recuperado el 28 de 02 de 2013, de <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002156/215616S.pdf>
4. Andrade, E. (2008). *Reciclaje : Utilización de desechos orgánicos para obtener abono orgánico* . Quito, Ecuador: Universidad de San Francisco de Quito, Ecuador.
5. Asociación de Investigación y Estudios Sociales –ASIES-, G. (2012). *Metodologías aplicadas en el Programa de Entrega de Fertilizantes –PEF- en Guatemala 2000-2012*. Guatemala: Asociación de Investigación y Estudios Sociales.
6. Asociación Ferrer I Guardia, Ochoa Soto. (2004). *Curso de Compostaje en la UAM*, Madrid, España: Local de Asociaciones 2.

7. Bridgen, K., Santillo, D., & Johnston, P. (2012). *Nonylphenol Ethoxylates (NPEs) in Textile Products, and their release through laundering*. Greenpeace.
8. Cajamarca, D. (2012). *Procedimiento para la elaboración de abonos orgánicos*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.
9. Casasola, E. V. (2012). *Cuantificación de nutrientes (Calcio, Cobre, Fósforo, Hierro, Magnesio, Manganeso, Nitrógeno, Potasio, Sulfato, Zinc) y determinación de contaminantes (Arsénico, Mercurio, Plomo, Cadmio) en el jacinto de agua (Eichornia crassipes) del Lago de Amatitlán*. Guatemala: USAC.
10. CEUR, C. d. (11 de 1990). http://ceur.usac.edu.gt/bol_09.htm. Recuperado el 28 de 02 de 2013
11. Chilon, E. (18 de 07 de 2011). *Compostaje altoandino, Seguridad Alimentaria y Cambio Climático*. LIMA: CIENCI AGRO.
12. Congreso, d. I. (1986). *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente*. Guatemala.
13. Delgadillo, Oscar. Camaho, Alan. Pérez, Luis. Andrade Mauricio. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba, Bolivia: Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro de AGUA).

14. Galeano, J. C. (2000). *Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de un abono orgánico tipo Bocashi, para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla*. Guatemala: USAC.
15. Garcia Barrios, G. F. (2000). *Evaluación de sistemas para acelerar el proceso de descomposición de Lirio Acuático para la producción de compost*. GUATEMALA: USAC.
16. Geisel, P. (2009). *El compost es bueno para su jardín y el medio ambiente*. Oakland, California: Universidad de California, División de agricultura y recursos naturales.
17. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (s.f.). *Metodología de la Investigación*. Monterrey: McGraw Hill.
18. Hernández, A. (2000). *Optimización de los métodos para mejorar la calidad de compost de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos*. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.
19. INE. (01 de 01 de 2011). <http://www.ine.gob.gt/np/poblacion/index.htm>. Recuperado el 28 de 02 de 2013
20. Irañeta, J., Sánchez, L., & Malumbres, A. (2010). *Importancia agronómica y medioambiental de la fertilización*. Navarra, España: Gobierno de Navarra / ITC Agrícola.

21. Ixcot, C. (1995). *Transformación de la pulpa de café en compost, utilizando la lombriz Coqueta roja (Eisenia fetida) y degradador enzimático de rastros*. Guatemala: USAC.
22. Jaramillo Gladys, Zapeta Liliana. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
23. Labrada R, Caseley J.C, Parker C. (1996). <http://www.fao.org/docrep/T1147S/t1147s0a.htm>, 120. (FAO, Productor, & Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO)) Recuperado el 28 de 02 de 2013
24. Labrada R, Caseley J.C, Parker C. (1996). *Malezas Acuáticas*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
25. Leal, R. (2012). *Determinación de la rentabilidad de la comercialización del abono orgánico Gallinaza en una empresa productora de abono orgánico*. Guatemala: USAC.
26. Lowe S, Browne M, Boudjelas S, De Poorter M. (2000). 100 De las especies exóticas invasoras más dañinas del Mundo. *Aliens*.
27. Martínez, L. (2004). *Efecto de la densidad de siembra de la lombriz Coqueta Roja (Eisenia fetida), en la pulpa de café, sobre los aspectos productivos y reproductivos*. Guatemala: USAC.
28. Méndez, P. (2011). *Guía técnica agrícola sobre la elaboración y aplicación de abonos orgánicos tipo compost para la regeneración del suelo de la*

comunidad Laguna del Pito municipio de Jalapa, departamento de Jalapa.
Guatemala: USAC.

29. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. (2006). *Manual de Gestión Integrada del Agua*. Guatemala: MARN.
30. Morales, M. E. (2003). *Elaboración de Compost modificando la relación Carbono/ Nitrógeno a partir de la biodegradación anaeróbica de la Ninfa acuática por la acción microbiana de fluido ruminal*. Guatemala: USAC.
31. Moreno Sánchez, Beatriz. (2009). *Estrategias de recuperación de suelos contaminados por Tricloroetileno basado en el uso de Vermicompost del alperujos y especies vegetales con potencial fitorremedidores*. Granada, España: Editorial de la Universidad de Granada.
32. Pagalo, H. (2007). *Efectos de humus de lombriz y Bocashi en tres híbridos de col (Brassica oleracea), en la parroquia Calpi, provincia del Chimborazo*. Guaranda, Ecuador: Universidad Estatal de Bolivia.
33. Pérez Gudiel, D. B. (2003). *Evaluación del efecto de la aireación artificial para mejorar la calidad del agua del lago de Amatitlán*. GUATEMALA: USAC.
34. Piedrahita, Cristian; Calviedes, Diego. (2012). *Elaboración de Abono Tipo "Bocashi" a partir de desechos orgánicos y subproductos de la Industria láctea (Lacto suero)*. Santiago de Calí, Colombia: Universidad de San Buenaventura Cali.

35. Respreto, J. (2007). *El A, B, C de la agricultura orgánica y harinas de rocas*. Managua, Nicaragua: Servicio de información, mesoamericano sobre Agricultura sostenible (SIMAS).

36. Santizo, J. (2011). *Estudio de factibilidad del proceso de producción y comercialización de abono orgánico a base de desechos madereros por medio de lombricultura*. Guatemala: USAC.

15. ANEXOS

Tabla. 1.
Composición del Compost

Materia Orgánica	65 - 70%	Relación C/N	10 a 11
Humedad	40 - 45%	Ácidos húmicos	2.5 - 3%
Nitrógeno, como N ₂	1.5 - 2%	pH	6.8 - 7.2
Fósforo como P ₂ O ₅	2 - 2.5%	Carbono orgánico	14 - 30%
Potasio como K ₂ O	1 - 1.5%	Calcio	2 - 8 %

Fuente: (Cajamarca, 2012).

Tabla 2

Comparación entre el proceso del compostaje y el bocashi.

CARACTERÍSTICAS	COMPOST	BOCASHI
Producto final	Sustancias húmicas	Materia orgánica en descomposición
Temperaturas máximas	65 – 70 °C	45 – 50 °C
Humedad	60 % durante todo el proceso	Inicial 60% desciende rápidamente
Frecuencia de volteo	Regida por temperatura y CO ₂	Una o dos veces al día
Duración del proceso	De 1 a 2 meses	De 1 a 2 semanas

Fuente: SOTO. Gabriela, El proyecto NOS de CATIE/GTZ, el centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos. En: Taller de abonos orgánicos. Costa Rica, 3 y 4 de marzo de 2003, p.4.

Tabla 3

Importaciones Totales de Fertilizantes. Años 2005-2011

Año	Toneladas métricas	Valor US\$ CIF	Valor US\$ promedio CIF por tonelada
2005	931,289.45	251,098,669.08	269.62
2006	967,781.45	285,980,211.25	295.50
2007	894,160.29	297,471,728.25	332.68
2008	530,881.52	291,667,076.30	549.40
2009	419,617.87	140,132,353.00	333.95
2010	667,517.42	240,977,346.00	361.00
2011	664,572.32	296,425,808.55	446.03
TOTALES	5,075,820.32	1,803,753,192.43	369.74

Fuente: Importaciones de Fertilizantes. MAGA. 2005-2011

Tabla 4

Importaciones de Fertilizantes Entregados por PEF. Años 2005-2011 Toneladas³

Año	15-15-15	Urea	20-20-0	TOTAL
2005	62,186.05	156,142.24	41,698.90	260,027.18
2006	69,264.22	141,600.04	73,763.64	284,627.90
2007	52,334.69	98,690.31	61,599.24	212,624.24
2008	23,928.06	87,538.81	33,000.00	144,466.87
2009	4,617.02	135,499.84	18,700.00	158,816.85
2010	19,102.75	166,611.45	40,900.00	226,613.71
2011	15,473.75	198,960.29	40,817.01	255,251.05
TOTALES	246,906.54	985,042.98	310,478.79	1,542,427.80

Fuente: importaciones de Fertilizantes. MAGA. 2005-2011

Tabla 5

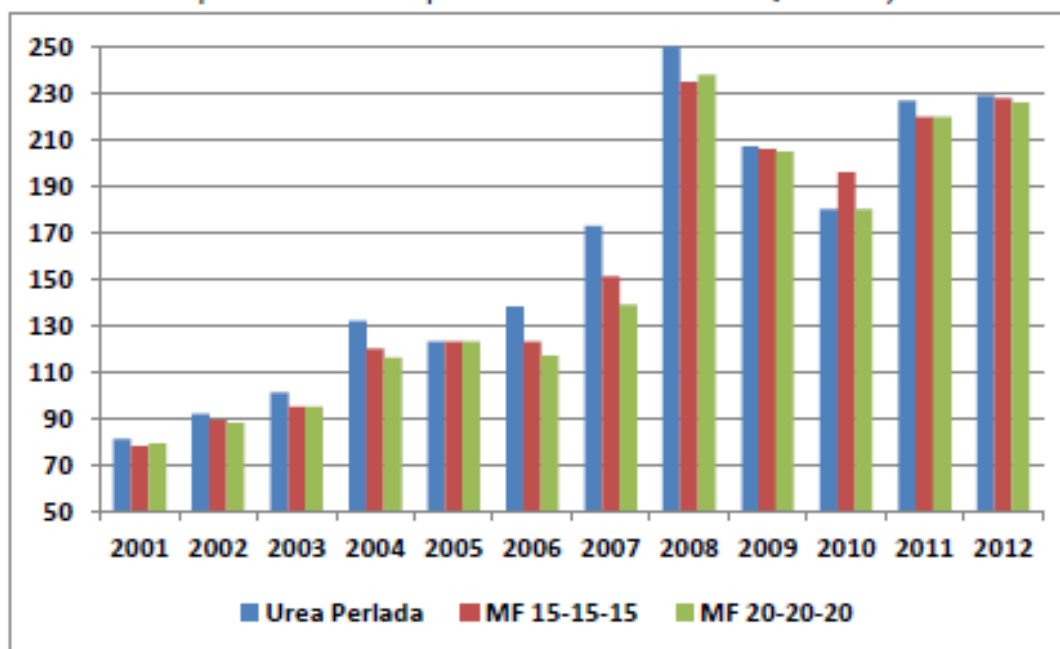
Cantidades entregadas por el PEF. Años 2001-2012. Toneladas³

Año	15-15-15	Urea	20-20-0	Total
2001	27,664.04	16,274.27	41,942.54	105,420.00
2002	31,053.14	38,697.23	39,022.09	108,772.45
2003	36,818.18	47,727.27	51,818.18	136,363.64
2004	39,501.36	49,100.50	51,715.45	140,317.32
2005	22,908.14	34,476.91	33,146.86	90,531.91
2006	37,836.00	43,273.50	48,768.14	129,877.64
2007	40,227.27	13,636.36	40,227.27	94,090.91
2008	30,454.55	22,727.27	30,454.55	83,636.36
2009	Nd	Nd	Nd	27,628.68
2010	Nd	Nd	Nd	29,570.18
2011	Nd	Nd	Nd	27,860.72
2012	27,169.00	28,952.38	30,735.02	86,857.14
TOTAL	293,631.68	294,865.69	367,830.10	1,060,926.95

Nd: No Disponible. Fuente: Elaboración propia con datos de FONADES, PROFER Y MAGA.

Tabla 6

Precio promedio de un quintal de fertilizante. En Quetzales, años 2001-2012



Fuente: Elaboración propia con datos del mercado.⁶⁰

