

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DE SISTEMAS PARA ACELERAR EL PROCESO DE DESCOMPOSICION
DE LIRIO ACUATICO (*Eichhornia crassipes*) PARA LA PRODUCCION
DE COMPOST.

TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

GIOVANNI FERNANDO GARCIA BARRIOS
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DEL 2000.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**RECTOR****Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA****JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

DECANÓ :	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA
VOCAL PRIMERO :	Ing. Agr. WALTER GARCIA TELLO
VOCAL SEGUNDO :	Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ
VOCAL TERCERO :	Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ
VOCAL CUARTO :	Prof. JACOBO BOLVITO RAMOS
VOCAL QUINTO :	Br. JOSE BALDOMERO SANDOVAL ARRIAZA
SECRETARIO :	Ing. Agr. EDIL RENE RODRIGUEZ QUEZADA

Guatemala, Septiembre del 2000.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores representantes :

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado :

“EVALUACION DE SISTEMAS PARA ACELERAR EL PROCESO DE DESCOMPOSICION DE LIRIO ACUATICO (*Eichronia crassipes*)PARA LA PRODUCCION DE COMPOST”.

Como requisito previo a optar al titulo de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el presente trabajo de investigación llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato presentarles mi agradecimiento por la atención a la presente.

Atentamente,


Giovanni Fernando García Barrios

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

Por darme sabiduría y fuerza para haber alcanzado este éxito.

MIS PADRES

Víctor Manuel García Urbina y Stella Barrios Robles de García, por sus apoyos, esfuerzos, sacrificios, amor y orientación durante el transcurso de mi vida.

MIS HERMANOS

Claudia Stella García Barrios y Víctor Manuel García Barrios, por sus consejos y orientaciones profesionales.

MIS SOBRINOS

Claudia Rosalba Bonilla García y Carlos Renaldo Bonilla García, con especial cariño.

MI CUÑADO

Carlos Renaldo Bonilla Alarcón, por su gran colaboración en la investigación.

MI FAMILIA

En general. Con mucho cariño y orgullo.

MIS AMIGOS

Como muestra de amistad, sinceridad y agradecimiento.

TESIS QUE DEDICO

A : Mi país Guatemala, como un aporte a la conservación del Ambiente.

La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán.

Todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron para el desarrollo de la investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento sincero a mi Asesor Ing. Agr. Negli René Gallardo por su orientación profesional, apoyo y colaboración en el desarrollo de la investigación.

Al personal del Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por los análisis químicos realizados en este estudio, de igual manera al equipo profesional de la División Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos de la Autoridad del Lago de Amatitlán, por su imprescindible apoyo técnico y logístico en la realización del estudio.

A la Escuela Nacional Central de Agricultura por la donación de pie de cría de coqueta roja y el espacio que se utilizó para la investigación, ocupado actualmente por el Centro de Estudios Marítimos y Acuícolas, en el Municipio de Amatitlán.

Y a todas y cada una de las personas que de una u otra manera contribuyeron a hacer posible la finalización de la investigación.

CONTENIDO

	<i>Página</i>
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCION	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
3. MARCO TEORICO	4
3.1 Marco conceptual	4
3.1.1 Características de la Cuenca del Lago de Amatitlán	4
3.1.1.1 Aspectos históricos	4
3.1.1.2 Contaminación del Lago de Amatitlán	4
3.1.2 Lirio Acuático (<i>Eicchornia crassipes</i>)	5
3.1.2.1 Características y reproducción de lirio Acuático	5
3.1.2.2 Lirio acuático como problema en los cuerpos de Agua	6
3.1.2.3 Sistemas de aprovechamiento de lirio acuático	7
3.1.3 Vermicultura	8
3.1.3.1 Características generales de la lombriz de tierra	8
3.1.3.2 Fisiología y Morfología de la lombriz coqueta roja (<i>Eisenia foetida</i>)	9
3.1.3.3 Factores que afectan la lombriz coqueta roja	9
3.1.3.3.1 Humedad y temperatura	10
3.1.3.3.2 pH	10
3.1.3.3.3 Calidad del sustrato	10
3.1.3.3.4 Efecto de la lombriz sobre el sustrato	11
3.1.4 Degradador de rastrojos (<i>Digester plus</i>)	12
3.1.4.1 Descripción del degradador	12
3.1.4.2 Modo de acción del degradador	12
3.1.4.3 Composición química del degradador	12
3.1.5 Volteo	13
3.1.5.2 Aireación en la mineralización	13
3.1.6 Descomposición de la materia orgánica	14
3.1.6.1 Relación carbono / nitrógeno (C/N)	15
3.1.6.2 Tamaño y espacio de partículas	15
3.1.6.3 Humedad	15
3.1.6.4 Temperatura	16
3.1.7 Compost	16
3.1.7.1 Propiedades del compost	16
3.1.7.2 Fabricación del compost	17
3.2 Marco referencial	18
3.2.1 Localización	18
3.2.2 Climatología	18
3.2.3 Zona de vida	18

3.2.4	Suelos	18
4.	OBJETIVOS	19
4.1	Objetivo general	19
4.2	Objetivos específicos	19
5.	HIPOTESIS	20
6.	METODOLOGIA	21
6.1	Manejo del experimento	21
6.1.1	Tratamientos	21
6.1.1.1	Tratamiento 1; Coqueta roja (<i>Eisenia foetida</i>)	21
6.1.1.2	Tratamientos 2; Degradador de rastrojos (<i>Digester Plus</i>)	22
6.1.1.3	Tratamiento 3; volteo periódico	22
6.1.1.4	Tratamiento 4; descomposición natural = testigo	22
6.2	Disño experimental	23
6.3	Unidad experimental	23
6.4	Modelo estadístico	25
6.5	Variables de respuesta	25
6.5.1	Determinación de N-P-K, M.O., pH	25
6.5.2	Tiempo de descomposición del sustrato	26
6.6	Análisis de la información	26
6.6.1	Gráficos descriptivos	26
6.6.2	Análisis de varianza	27
7.	RESULTADOS Y DISCUSION	28
7.1	Contenido de Nitrógeno (%)	28
7.2	Contenido de Fósforo (%)	30
7.3	Contenido de Potasio (%)	31
7.4	pH	33
7.5	Contenido de Materia orgánica (%)	34
7.6	Relación carbono/nitrógeno	36
7.7	Temperatura	38
8.	CONCLUSIONES	40
9.	RECOMENDACIONES	41
10.	BIBLIOGRAFIA	42
11.	ANEXO	46

INDICE DE CUADROS

	<i>Página</i>
1. Métodos utilizados a nivel de laboratorio para la determinación de N-P-K (%), pH y Materia Orgánica M.O. (%)	26
2. Resumen de análisis de varianza practicado a la variable nitrógeno a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	29
3. Resumen de la prueba de Tukey para los porcentajes de nitrógeno (N) a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	29
4. Resumen del análisis de varianza practicado a la variable fósforo a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	30
5. Resumen del análisis de varianza practicado a la variable potasio a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	32
6. Resumen de la prueba de Tukey para los porcentajes de potasio (K) a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	32
7. Resumen de análisis de varianza practicado a la variable pH a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	34
8. Resumen del análisis de varianza practicado a la variable materia orgánica a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	35
9. Resumen de la prueba de Tukey para los porcentajes de materia orgánica (M.O.) a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	35
10. Resumen del análisis de varianza practicado a la variable relación carbono/nitrógeno (C/N), a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	37
11. Resumen de la prueba de Tukey para los valores de la relación C/N a los 90 días de descomposición, Amatitlán 1999.	37
12A. Promedios de composición de macronutrientes N-P-K, pH, materia orgánica, carbono orgánico Relación C/N. Tratamiento coqueta roja (<i>Eisenia foetida</i>), durante 120 días de descomposición.	47
13A. Promedios de composición de macronutrientes N-P-K, pH, materia orgánica, carbono orgánico Relación C/N. TRATAMIENTO Stubble Digester Plus durante 120 días de descomposición.	47

14A. Promedios de composición de macronutrientes N-P-K, pH, materia orgánica, carbono orgánico Relación C/N. TRATAMIENTO volteo periódico durante 120 días de descomposición.	48
15A. Promedios de composición de macronutrientes N-P-K, pH, materia orgánica, carbono orgánico Relación C/N. TRATAMIENTO testigo durante 120 días de descomposición.	48
16A. Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 30 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999.	49
17A. Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 45 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999	50
18A. Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 60 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999	51
19A. Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 75 días después de iniciado el estudio, Amatitlán, 1999.	52
20A. Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 90 días después de iniciado el estudio, Amatitlán, 1999.	53
21A. Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 105 días después de iniciado el estudio, Amatitlán, 1999.	54
22A. Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 120 días después de iniciado el estudio, Amatitlán, 1999.	55
23A. Datos de temperatura en grados centígrados, lecturas realizadas cada semana.	56

INDICE DE FIGURAS

	<i>Página</i>
1. Distribución espacial de los tratamientos con sus respectivas repeticiones y distanciamientos, área ENCA-CEMA, Amatillán 1999.	23
2. Esquema de la abonera con sus dimensiones, área ENCA-CEMA. 1999.	24
3. Comportamiento del nitrógeno (N) durante 120 días de descomposición	28
4. Comportamiento del fósforo (P) durante 120 días de descomposición	30
5. Comportamiento del potasio (K) durante 120 días de descomposición	31
6. Comportamiento del pH durante 120 días de descomposición	33
7. Comportamiento de la materia orgánica (M.O.) durante 120 días de descomposición	35
8. Comportamiento de la relación carbono/nitrógeno durante 120 días de descomposición	36
9. Comportamiento de la temperatura durante la fase experimental sobre todos los tratamientos	38
10A. Ubicación geográfica del área experimental	46

“EVALUACION DE SISTEMAS PARA ACELERAR EL PROCESO DE DESCOMPOSICION DE LIRIO ACUATICO (*Eicchornia crassipes*) PARA LA PRODUCCION COMPOST”.

“EVALUATION OF THE SYSTEMS TO ACCELERATE THE DECOMPOSITION PROCESS OF ACUATIC LILY (*Eicchornia crassipes*) TO PRODUCE COMPOST”.

RESUMEN

El Lago de Amatitlán y su entorno ecológico, esta siendo afectado por la intervención irracional del hombre a nivel de industria, desarrollo urbano y avance de la frontera agrícola, en consecuencia, su conformación original se está deteriorando en forma acelerada.

La eutrofización de este cuerpo de agua viene siendo cada vez más acelerada a partir de los últimos años además las descargas de aguas negras y grandes volúmenes de suelo arrastrados hacia él, han producido una carga de contaminación, donde su capacidad de soporte y equilibrio a sido sobrepasado. Estas condiciones han sido propicias para una explosiva proliferación de lirio acuático (*Eicchornia crassipes*), que aglutinado en grandes plataformas flotantes, intercepta la radiación solar, hace disminuir las funciones fotosintéticas dentro del cuerpo de agua que cubre, y aumenta la eutrofización con la muerte del lirio. Por tal razón se inició un plan operativo de limpieza, consistente en la extracción manual de lirio acuático, acumulándose grandes volúmenes de material en áreas aledañas al lago.

Esta problemática, generó la necesidad de diseñar, implementar y evaluar una investigación que permitiera aprovechar el lirio como compost. En tal sentido se evaluaron cuatro sistemas para acelerar el proceso de descomposición: Coqueta roja (*Eisenia foetida*), degradador de rastrojos (*Stubble digester plus*), volteo periódico y testigo, el experimento se instaló bajo una galera abierta con techo de lámina de zinc, propiedad de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA). Para cada unidad experimental se usaron cajones de madera en donde se colocó 0.08 metros cúbicos de lirio acuático picado con machete y escurrido a la sombra por 48 horas.

El tiempo transcurrido para el estudio fue de la segunda semana de Septiembre de 1999 a la primera semana de Enero del 2000, con un total de 120 días.

El grado de maduración del material se determinó con base en la estabilización de la relación carbono/nitrógeno, lo cual se realizó cada 15 días tomando muestras de material, a las que además se les determinó pH, materia orgánica, carbono orgánico, nitrógeno, fósforo y potasio, en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos. La temperatura se tomó semanalmente y se aplicó el riego requerido para mantener una humedad constante.

El tratamiento coqueta roja fue el que transformó el material a compost en el menor tiempo, ocupando 90 días y presentó un producto de más alta calidad, por su contenido de N-P-K y materia orgánica. Este resultado sugiere desarrollar una actividad educativa que motive e interese a los agricultores de la región para que utilicen el lirio acuático como materia prima para la producción de compost por medio de la vermicultura, para mejorar física y químicamente el sustrato que usan en viveros y la siembra definitiva de sus cultivos.

1. INTRODUCCION

Los cuerpos de agua en Guatemala se están deteriorando por el desequilibrio ecológico a que son sometidos, debido a actividades a nivel de industria, desarrollo urbano y avance de la frontera agrícola. Uno de los casos en particular y que ha cobrado gran importancia es el fenómeno de eutroficación del Lago de Amatitlán como consecuencia de su ubicación geográfica, pues la cuenca en la que se encuentra inmerso, se ve influenciada por las descargas de contaminación tanto de la metrópoli capitalina como de los municipios de Amatitlán, Villa Nueva, Villa Canales y San Miguel Petapa, más diez municipios que conforman dicha cuenca. El objetivo de evaluar los sistemas que aceleran la descomposición de lirio acuático, es encontrar el menor tiempo posible para su transformación a compost; lo cual se determinó por la estabilización de la relación carbono/nitrógeno en cada uno de los sistemas utilizados, definiendo paralelamente la calidad del producto por la disponibilidad de los macronutrientes (N-P-K).

Los resultados obtenidos generaron dos situaciones sumamente importantes: se obtiene abono orgánico para múltiples usos en la agricultura de la región y se elimina la contaminación que genera la acumulación de grandes cantidades de lirio acuático extraído del Lago.

2. DEFINICION DEL PROBLEMA

La dominancia del lirio acuático en el Lago de Amatitlán, es consecuencia directa de la irracionalidad de procesos industriales, urbanos y agrícolas. Estos desajustes a que ha sido sometida la cuenca del Lago, han dado como producto final, una acumulación indeseable de lirio en el cuerpo de agua. Actualmente ocupa un área aproximada de 9.74 hectáreas, con un volumen estimado de 86,656.69 metros cúbicos de lirio¹.

El lirio acuático desarrolla una enorme masa radical, que recoge grandes cantidades de lodo, al morir la planta, se deposita en el fondo del Lago y produce un azolve que acelera la eutrofización. La aglomeración del lirio, también produce otros efectos negativos para la vida acuática: intercepta la radicación solar y ello disminuye las funciones fotosintéticas dentro del cuerpo de agua; reduce la aireación del agua, anulando el desarrollo del fitoplancton y zooplancton.

Actualmente la sobrepoblación del lirio acuático está siendo disminuida mediante su extracción por medio de redes, extrayendo un volumen promedio de 120 metros cúbicos diarios; estos volúmenes extraídos están siendo colocados en promontorios, ocupando grandes áreas de terreno. Con el tiempo ésta acumulación de lirio acuático produce contaminación ambiental, debido a los malos olores y la posible consecuencia de la proliferación de plagas como moscas y otros insectos dañinos, debido a una descomposición

¹ /Licda. Lianne McMannis y Arq. Antonio Muñoz, por medio del sistema ILWIS, cálculo de áreas, AMSA. Plan operativo de limpieza del Lago de Amatitlán. Junio 1999.

no manejada, problemática que exige la búsqueda, adopción e implementación de técnicas para su rápida descomposición, pudiendo obtener abono orgánico y con la aplicación de éste tener algunos de los siguientes beneficios en la agricultura: mejorar la estructura del suelo, aumentar su porosidad, mejorar su capacidad de retención de la humedad, mejorar su vida microbiológica, estabilizar su temperatura y darle un aporte considerable de macro y micronutrientes al suelo.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Características de la Cuenca del Lago de Amatitlán

3.1.1.1 Aspectos históricos

Según la Asociación Guatemalteca de Historia, el Lago de Amatitlán en la época cuaternaria ocupaba una extensión de aproximadamente 80 km², abarcando la superficie de los municipios de Amatitlán, Villa Nueva y Villa Canales, ya que, en estos lugares se han encontrado fósiles de caracoles y pequeños esqueletos de peces (14).

Con los movimientos tectónicos de la zona y el arrastre de desechos y sedimentos, el lago se fue reduciendo hasta llegar a la extensión actual de 15 km² y 18 metros promedio de profundidad (14).

El Lago de Amatitlán es una formación geológica de origen volcánico y se formó cuando hicieron erupción los volcanes de Pacaya, Agua, Fuego y Acatenango y probablemente un volcán gigante que estalló en donde ahora está el Cerro Chino, obstruyendo con su lava y arena el paso de las aguas hacia el océano pacífico (14).

Algunos autores creen que Amatitlán significa "Ciudad de las Cartas" o "Ciudad del Correo", otros dicen que significa "Cercó de Amates" y otros creen que significa "Frente de Agua" (14).

A pesar de los niveles de contaminación, en la actualidad el Lago y sus afluentes son de múltiple utilidad, ya que el agua es usada para riego, pesca y generación de energía; en sus alrededores existen pozos para extraer agua que se usa para consumo humano (14).

3.1.1.2 Contaminación del Lago de Amatitlán

La eutrofización es el proceso por el cual una masa de agua pasa de la condición oligotrófica (o baja productividad) a eutrófica (o alta productividad); en general se debe al aumento de la disponibilidad de nutrientes y específicamente los que constituyen factores limitantes del desarrollo de organismos fotosintéticos.

Se trata pues de un proceso de desequilibrio o alteración significativa de los ecosistemas naturales provocado por la introducción de elementos en concentraciones anormales, lo que configura un caso particular de contaminación (26).

La eutrofización del Lago de Amatitlán viene siendo cada vez más acelerada a partir de los años setenta. Fue hasta en los ochenta, que especialistas en la materia comenzaron a preocuparse de la contaminación de las fuentes de agua y empezaron a monitorear las condiciones de calidad del agua del Lago, y se tuvo la iniciativa de tomar medidas para detener este proceso de contaminación (26).

El crecimiento explosivo de la urbanización, la instalación de industria sobre todo de fabricación de detergentes, beneficios de café, las actividades agrícolas con el uso irracional de agroquímicos, la existencia de rastros, descargas de aguas servidas sin tratamiento de los efluentes, deforestación, entre otros, dentro del área de influencia de la cuenca hidrológica del lago, que han producido una carga de contaminación a los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos cuyo destino es el lago, en donde su capacidad de soporte y equilibrio, ha sido sobrepasada (26).

Las descargas de agua servidas y desechos agroquímicos, aceleran el proceso de crecimiento de algas que impiden la penetración de los rayos solares y la circulación del agua para su oxigenación (26).

La cantidad de suelo perdido por efecto de la erosión como resultado de la deforestación y a consecuencia de la explotación de materiales para la construcción, que se depositan en el fondo del lago, han provocado que disminuya la capacidad de almacenamiento de agua, lo que ha evidenciado un cambio negativo en la conformación de la limnología del lago. Estos factores son responsables del deterioro de la vida animal y el ecosistema del Lago, que la cantidad de oxígeno baje en forma alarmante, que se aumente la cantidad de fitoplancton en forma negativa; en cuanto al zooplancton no se conoce su conformación, pero se cree que se ha alterado su variabilidad. Todos los agentes contaminantes generados en la cuenca llegan finalmente al lago, los que impiden que el lago pueda recuperarse (14).

3.1.2 Lirio Acuático (Eicchornia crassipes)

3.1.2.1 Características y reproducción de lirio acuático.

El lirio acuático tiene las siguientes características: es una planta que pertenece a la familia de las *Pontederiaceae*, con la facilidad de reproducirse en ambientes cálidos y templados, y lo mismo puede vivir en agua que en tierra; tiene los pecioloos muy cortos inflamados y los limbos extendidos dispuestos en rosetones flotantes, su tallo es un rizoma rastrero indefinido con raíz numerosamente fasciculada y flores pueden ser blancas o violetas (23, 30).

La reproducción de la planta puede ser por semilla y por estolones, siendo la reproducción fundamentalmente vegetativa. Dichos estolones se forman en las rosetas de las hojas dando origen a otras

plantas, posteriormente se independizan y continúan la diseminación hasta llegar a formar inmensas plataformas flotantes, las cuales se originan por el entrelazado de su follaje y raíces. La reproducción del lirio acuático disminuye notablemente durante el verano y la primavera principalmente debido a la falta de lluvias y a la temperatura. Esto provoca además el marchitamiento y secado de las hojas. Un ejemplo de sobrepoblación fue en un vivero de Yaekana, Africa, en donde a partir de 2 lirios padres en 23 días se obtuvieron 30 retoños y al final de 4 meses 1,200 plantas (23).

3.1.2.2 Lirio acuático como problema en los cuerpos de agua

El lirio acuático ha sido hasta el momento, como una plaga causante de problemas en la conservación y operación de sistemas de riego, generación de electricidad, pesca y cultivos de peces, navegación, entre otros. Grandes esfuerzos han sido orientados a desarrollar estrategias para su control, especialmente en regiones tropicales (23, 30).

Se ha visto que el problema de lirio acuático en los cuerpos de agua se inició con la introducción de aguas negras. La consecuente eliminación de los consumidores y los reductores ha transformado e incluso acabado con la dinámica ecológica en los cuerpos de agua, trayendo como resultado modificaciones, como la explosión de la población de lirio acuático afectando cuantitativamente a otras especies integrantes del plancton. Es indudable la influencia que ejercen los nutrientes fósforo y nitrógeno en el crecimiento y excesivo desarrollo de lirio acuático; ya que el fósforo siendo un elemento biogénico imprescindible para el desarrollo, interviene en la composición de los materiales responsables de la división celular como son los ácidos nucleicos, enzimas, lecitinas, etc., y de su disponibilidad depende el crecimiento apical, la maduración de las semillas y crecimiento de las raíces (23).

Los principales daños causados por el lirio acuático en orden de importancia son los siguientes: obstaculización del flujo de agua, el azolve y la evapotranspiración, que es la pérdida de agua por numerosas funciones biológicas de la planta (23).

La porción terminal de las raíces del lirio acuático, o pelos radicales, contienen en su pared celular hemicelulosa y compuestos pépticos. Parece ser que estos compuestos, son los responsables de la adherencia de partículas en suspensión en los pelos radicales. Este fenómeno produce grandes cantidades de lodo, y al morir la planta se deposita en el fondo de los cuerpos de agua; este azolvamiento acelera el proceso de eutrofización, o envejecimiento prematuro de la masa de agua, dado por el desequilibrio del ecosistema. (23).

El problema se genera cuando la aglomeración excesiva de lirio acuático cubre gran parte del embalse, la radiación solar queda interceptada, la masa de agua en la sombra y la función fotosintética fuertemente disminuida. El fondo del cuerpo de agua se cubre con restos vegetales provenientes de lirio muerto, se impide el desarrollo del plancton y se reduce el área de contacto del aire con el agua, disminuyendo la transformación de oxígeno hacia el fondo del depósito (23).

La degradación de la materia orgánica en los embalses es llevada a cabo por bacterias y otros microorganismos que la convierten en otros compuestos más simples como dióxido de carbono (CO_2), agua y compuestos más simples. Dichos microorganismos para realizar este proceso requieren consumir oxígeno el cual se halla disuelto en el agua, por transferencia del aire atmosférico o debido a la acción fotosintética de la flora acuática sumergida (23).

El oxígeno disuelto en aguas dulces se encuentra en una cantidad no mayor de 12mg/l (ppm). Este equilibrio debido a un suministro tan menguado de oxígeno es muy sensible y por lo tanto si hay incremento en la demanda bioquímica de oxígeno ocasionado por los desechos orgánicos, habrá disminución de oxígeno a menos de 3.5 mg/l que es en general el punto crítico para la vida acuática. Al agotarse el oxígeno disuelto, toda la materia orgánica proveniente de lirio acuático y de otras fuentes: agrícolas, domésticas e industriales es depositada como azolve, este azolve sumado al provocado por el complejo problema de erosión constituye una notable disminución de la vida útil del embalse (23).

3.1.2.3 Sistemas de aprovechamiento de lirio acuático

Según Sánchez Montufar citado por Toledo (33), se han propuesto diversas formas de utilizar plantas acuáticas, algunas se practicaron durante muchos años atrás. El empleo de plantas acuáticas como fertilizantes para abastecer al suelo de materia orgánica y minerales es uno de ellos, ya que completa lo que se denomina ciclo de nutriente abierto; el hombre cultiva las tierras, cosecha y luego consume los frutos; pero la mayoría de los desechos humanos no son devueltos al suelo; tampoco su biomasa regresa al suelo cuando el hombre muere, como ocurre con otros organismos. El ciclo de nutriente abierto se cierra cuando las plantas acuáticas de las lagunas de estabilización que procesan las aguas residuales, se cosechan para aplicarlas a los campos de agricultura.

Según Sánchez Montufar citado por Toledo (33), estudios sobre la composición de lirio, ha demostrado que constituye una posible fuente de alimentación para animales y humanos; su conversión a

productos útiles, tales como compost y metano, a través de una fermentación anaeróbica representa una aproximación promisoría para disminuir los problemas de generación de energía.

Según Sánchez Montufar citado por Toledo (33), el lirio acuático ha sido usado en diversos esquemas de tratamiento de aguas cloacales, siendo especialmente útil en la remoción de algas, otras partículas suspendidas y DBO (hasta 95-97% de la carga). Entre los minerales que los lirios son capaces de remover se encuentra el cloro, potasio, fósforo, arsénico, cromo, mercurio, hierro, plomo, níquel, zinc, magnesio y manganeso.

3.1.3 Vermicultura

La lombricultura es una biotecnología que utiliza a la lombriz como una herramienta de trabajo para la transformación de desechos orgánicos (21). Esta biotecnología se basa en la utilización de lombrices de tierra, adaptadas a vivir en condiciones de cautiverio, con capacidad de reciclar una amplia gama de materiales orgánicos, tales como granos, rastrojos de cultivos, residuos de agroindustrias, estiércoles, basuras biodegradables y otros, transformándolo principalmente en un producto básico como: humus de lombriz, que es un fertilizante, rico en nitratos, fosfatos, carbonato potásico y proteína (31).

3.1.3.1 Características generales de la lombriz de tierra

Las lombrices se han venido adaptando a las condiciones del suelo, a los regímenes de alimentación, su localización en los diferentes horizontes del suelo, su tamaño, pigmentación, morfología y algunos comportamientos específicos de adaptación. Se han definido tres principales clasificaciones ecológicas de las lombrices, en función de los caracteres adaptativos desarrollados por éstas frente a los condicionamientos del medio ambiente donde habitan. Las tres categorías ecológicas son: EPIGEAS O POLIHUMICAS, adaptadas a desarrollarse en sitios de alta concentración y acumulación de materia orgánica tales como estiércoles y sedimentos orgánicos. En este grupo las especies normalmente son más susceptibles a la resequedad, a la luz solar, su movilidad y tamaño es menor. Las características que las hace especialmente adecuadas para su utilización por el hombre en crianzas intensivas son:

- Tolerancia a la acidez y a las altas temperaturas.
- Emergencias múltiples por capullo.
- Altos niveles de densidad poblacional.
- Adaptables a la manipulación y manejo.

El segundo grupo llamado ANELIDAS O MESOHUMICAS que frecuentemente se encuentran en las capas superficiales de los suelos y son responsables de la movilización de la hojarasca y la materia orgánica dentro de los suelos. Finalmente, el grupo de las ENDOGENAS U OLIGOHUMICAS, que son aquellas comedoras de tierra que se encuentran permanentemente en las capas inferiores de los suelos (20, 22, 25).

3.1.3.2 Fisiología y Morfología de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida*)

El cuerpo de la lombriz es cilíndrico y alargado, constituido por dos tubos concéntricos: la pared, el cuerpo y el tubo digestivo, separados por el celoma. El celoma esta dividido en segmentos llamados metámeros o somitos. El primer somito de la parte anterior es la boca, donde se encuentra el prostomio, estructura carnosa que sobresale delante de ella. El último somito que se encuentra en la parte posterior es el ano (22).

El color de *Eisenia foetida* es variable, comúnmente con franjas transversales, que cubren cada segmento, de color púrpura, rojo oscuro o rojo castaño. Entre cada segmento y más angostas que las rojas, se reconocen franjas de color amarillo. El diámetro de la lombriz varía entre 3 a 5 mm y 30 a 130 mm de largo; puede tener 80 a 131 segmentos o metámeros con un prostomio en forma epibólica (31).

Eisenia foetida es hermafrodita imperfecta, por lo que necesita acoplarse con otra lombriz para el intercambio de semen (31). Dos lombrices pueden producir cada una, en condiciones favorables de clima, unas 1,500 lombrices al año (13).

El cuerpo de la lombriz lo cubre una cutícula externa, una capa celular de fibras musculares circulares y longitudinales, donde se alojan los órganos internos. El sistema digestivo como una estructura básica consiste de cavidad bucal, faringe, esófago donde están las glándulas calcáreas, cuya función es excretar carbonato de calcio para neutralizar los ácidos orgánicos presentes en el alimento, el buche entre los segmentos 15 a 16, donde se almacena el alimento, una molleja entre los anillos 17 y 19 y el intestino que va desde el anillo 20 hasta el orificio anal (22).

3.1.3.3 Factores que afectan la lombriz coqueta roja

La sobrevivencia, el crecimiento y la reproducción exitosa de la lombriz en desechos orgánicos provenientes de la agricultura, zonas urbanas, industria o agroindustria depende de ciertos bioparámetros tales como: Temperatura, humedad, clase y fuente de sustrato, pH y compuestos químicos (11, 15).

3.1.3.3.1 Humedad y Temperatura

Diferentes autores indican que la humedad y la temperatura del suelo afectan las poblaciones y los niveles de actividad de las lombrices, debido al estrés producido por la pérdida de agua corporal; llegando hasta el 60 % del peso corporal por día. Cuando la temperatura aumenta y la humedad se reduce significativamente, las lombrices penetran más profundamente en el suelo y reducen su actividad (1). Las temperaturas óptimas para el manejo de las lombrices dependen de los requerimientos de temperatura para la realización de los cuatro procesos biológicos:

1. Crecimiento somático.
2. Reproducción.
3. Mortalidad.
4. Eficiencia en la conversión del alimento (4).

Arango y Correo (3), determinaron que una humedad menor al 85% en los lombridarios disminuye bruscamente la reproducción, y temperaturas entre 19 y 20 grados centígrados permitieron un rendimiento creciente de la población y postura.

Reinecke *et al.* (28), reportan que la coqueta roja tiene rango amplio de tolerancia a la temperatura y se encuentra en áreas donde la temperatura del aire se encuentra entre 40 grados centígrados y 0 grados centígrados, debido a que la temperatura del suelo en estas regiones a una profundidad de 10 cm., raramente está debajo de los 25 grados centígrados o sobre los 33.

3.1.3.3.2 pH

Este factor es de mucha importancia debido a que condiciona la abundancia de lombrices. De acuerdo con su tolerancia a la acidez, las lombrices se han clasificado en acidófilas (pH de 4.0 a 6.0), neutrófilas (pH de 6.0 a 7.0) y basílicas que soportan pH mayores de 7.0 (22).

El alimento de las lombrices deberá tener un pH comprendido entre 6.5 y 7.5; los valores óptimos se encuentran entre 6.8 y 7.2 (22).

3.1.3.3.3 Calidad del sustrato

Tanto el sustrato como la materia orgánica que sirve de alimento a las lombrices están constituidos por estiércol. Hay que tener precaución de los materiales sometidos a descomposición en fase de fermentación, su temperatura puede alcanzar los 70 u 80 grados centígrados, o incluso más; éstas temperaturas tan elevadas,

asi como el grado de acidez y los gases que se desprenden durante la fermentación provocan la muerte de las lombrices (22).

3.1.3.3.4 Efecto de la lombriz sobre el sustrato

Consiste en aumentar la mineralización y humificación de la materia orgánica (20). Generalmente el material fecal de las lombrices es mucho más fragmentado y microbiológicamente más activo que el sustrato consumido inicialmente. Las lombrices mantienen condiciones aeróbicas en los desechos, ingieren sólidos, convierten una parte en biomasa y productos de la respiración. Durante este proceso, el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio presentes en la materia orgánica son convertidos, por medio de la acción microbial, a formas más solubles y disponibles para las plantas que en el sustrato inicial (11).

La relación C/N del sustrato se incrementa con la presencia de lombrices, siendo el valor de 10 el que indica la relación óptima con un grado adecuado de maduración del sustrato (2).

Por otra parte, cada una de las deyecciones o turriculos de lombriz es arrojado junto con una capa de moco digestivo de la lombriz, con altas concentraciones de microorganismos en su interior, que permite y favorece una digestión extracorporal del sustrato, y que al deshidratarse, se convierte en una especie de barniz que incrementa la estabilidad y cohesión de las partículas. Debido a la formación de agregados, la cantidad de poros y espacios se incrementa, la que a su vez resulta en una tasa de deshidratación mayor en las excretas que en el sustrato sin tratar. Aunque la presencia de las lombrices deshidrata el material, la tasa de descomposición se acelera; el flujo de CO₂ y de O₂ es significativamente mayor en las excretas que en los sustratos sin tratar (2).

El grado al cual la materia orgánica es degradada está en función de:

- A) La proporción del material biodegradable.
- B) El mantenimiento de condiciones aeróbicas.
- C) Ausencia de condiciones tóxicas para las lombrices (21).

El efecto de las lombrices en el sustrato es el de transformar la materia orgánica fresca hacia un estado de mineralización lo que a su vez puede ser medido por un incremento en la concentración de las cenizas. *Eisenia foetida* causa un incremento en el pH del sustrato y en la capacidad de intercambio catiónico (2).

Una característica del lombricompuesto que hace que mejore la fertilidad de los suelos es su estabilidad estructural. El humus, contenido en él confiere al suelo una resistencia a la erosión, una adecuada

porosidad y permeabilidad al agua, con lo que se evita una pérdida de nutrientes hacia ríos o acuíferos. También, el contenido de nutrientes en el lombricompost oscila en promedios que van de 1.4 a 1.5 % de nitrógeno, de 1.4 a 8.8 % de fósforo soluble y de 0.6 a 2.5 % de potasio disponible. La biomasa microbiana se incrementa en el sustrato convertido por *Eisenia foetida*, se han reportado incrementos del 21 % de DNA, 57 % de incremento de RNA y de 16 % de incremento de ácidos nucleicos. Patógenos como salmonella se reducen por la actividad de *Eisenia foetida* de un 99.0 a 97.8 % en 4 a 28 días, así como las poblaciones de nematodos (2).

3.1.4 Degradador enzimático de rastrojos (Digester Plus)

3.1.4.1 Descripción del degradador de rastrojos

Está compuesto por una mezcla de enzimas, que incrementan el desarrollo y la actividad de los microorganismos encargados de la descomposición de celulosa, hemicelulosa y lignina, acelerando la descomposición de los residuos vegetales (6).

3.1.4.2 Modo de acción del degradador de rastrojos

- Actúa sólo sobre materia orgánica acelerando su descomposición.
- El proceso que se lleva a cabo es aeróbico.
- La descomposición ocurre en 60 a 90 días.
- Los volúmenes de residuos se reducen hasta en un 70 %.
- Suministra enzimas capaces de incrementar la actividad de microorganismos que descomponen la celulosa, hemicelulosa y lignina (6).

3.1.4.3 Composición química del degradador de rastrojos

De acuerdo con Cytozyme Laboratories (7), la composición química del degradador de rastrojos es la siguiente:

<i>Ingredientes activos</i>	<i>p/v (partes por volumen)</i>
Nitrógeno (N) _____	0.840%
Fósforo (P ₂ O ₅) _____	0.060%
Potasio (K ₂ O) _____	0.030%
Azufre (S) _____	0.150%
Boro (B) _____	0.001%

Cobalto (Co)	0.003%
Cobre (Cu)	0.050%
Hierro (Fe)	0.055%
Magnesio (Mg)	0.002%
Manganeso (Mn)	0.018%
Molibdeno (Mo)	0.002%
Zinc (Zn)	0.100%
Promotores en desarrollo, ácidos orgánicos, proteínas y proteínas hidrolizantes: aminoácidos y péptidos, vitaminas y enzimas.....	34.80%
Ingrediente inerte.....	63.88%
TOTAL	100.00

3.1.5 El volteo

Los expertos divergen mucho en este aspecto, algunos no recomiendan voltear el compost, sino solamente proporcionar suficientes entradas de aire además de materiales leñosos fibrosos. Con la presencia o introducción de lombrices puede eliminarse el trabajo de volteo, que cumple una función de aireación y de soltura de la estructura proporcionando una adecuada distribución de la humedad. Lo cierto es que cuanto más se voltea más rápido madura el compost (18).

3.1.5.2 Aireación en la mineralización

El oxígeno es esencial para el metabolismo y respiración de microorganismos aeróbicos y para la oxidación de moléculas orgánicas. Al inicio de la actividad de oxidación microbiana, las concentraciones de oxígeno en los poros oscila entre 15 a 20% (similar a la composición normal del aire), y el CO₂ varía de 0.5 a 5%. Cuando la actividad biológica progresa debido al volteo, la concentración del O₂ y CO₂ aumenta, si el promedio de O₂ presente cae a menos de 5 %, regiones de condiciones anaeróbicas se presentan. Con el tiempo, las poblaciones microbianas anaeróbicas sobrepasan la población microbiana aeróbica y nuevas vías respiratorias bioquímicas se usan para desintegrar la materia orgánica.

Esto generalmente conduce a mezclas intermedias con más olores nauseabundos que los que se asocian con metabolismos de oxidación donde los contenidos de CO₂, agua y nitrógeno forman la mayor parte. Para mantener las condiciones aeróbicas se hace necesario el uso de varios métodos como

barrenando agujeros de ventilación, entradas de aire, mezclar y revolver el abono mecánicamente, volteo periódico, etc. (19).

3.1.6 Descomposición de la materia orgánica

Los materiales orgánicos, vivos o muertos, suministran nutrientes para la mayoría de los organismos vivos. Microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, algas y otros) se proveen de nutrientes y energía ellos mismos, es decir, descomponiendo la materia orgánica del suelo. Esta descomposición origina: A) el uso de algunos carbonos, nitrógenos y otros elementos por el microorganismo, B) liberación de dióxido de carbono, agua y otros elementos a la solución del suelo, C) un remanente residuo orgánico llamado humus (10).

En el proceso aeróbico / termofílico de la preparación del compost, se considera como parámetros principales, una temperatura óptima entre 60 y 70 grados centígrados, el contenido de humedad óptima entre 40-60 % (por peso), buena aireación o un continuo abastecimiento de oxígeno que asegure el proceso aeróbico/termofílico, una relación carbono/nitrógeno entre 25:1 a 35:1, el pH óptimo entre 6 a 7.5 y la reducción del tamaño de las partículas (12).

Diversos microorganismos descomponen y degradan los tejidos de los animales y plantas muertas, transformándolos en sustancias de complejidad variable como el humus, este proceso de humificación puede darse bajo 2 condiciones:

- A) Anaeróbico: es un proceso para reducir las cualidades de éste, como lo es el mal olor que debido a la pudrición del material y a la generación de sustancias tóxicas, pudiendo ser nocivos para la actividad biológica del suelo.
- B) Aeróbico: es un proceso de oxidación debido a que la descomposición se da en presencia de oxígeno producto de la respiración de los microorganismos liberándose anhídrido carbónico (CO₂) y agua. La temperatura se incrementa hasta unos 70 grados centígrados y no se generan olores desagradables.

Cualquier sustancia orgánica de origen animal o vegetal sirven para el compostaje; así como, malezas, rastrojos, hojarasca, residuos de cosecha y de cocina, estiércol u otras sustancias orgánicas provenientes de los animales (18).

3.1.6.1 Relación de carbono / nitrógeno (C/N)

La proporción del porcentaje de carbono con respecto al nitrógeno se denomina relación carbononitrógeno, o simplemente relación C:N, lo que define las cantidades relativas de estos dos elementos en los materiales orgánicos recientes, humus, o en el terreno en su conjunto total (32).

Como regla general, cuando los materiales orgánicos con una relación C:N mayor de 30 se añaden a los terrenos, hay una inmovilización del nitrógeno del terreno durante el proceso de descomposición inicial. Para relaciones entre 20 y 30, puede que no haya ni inmovilización ni liberación de nitrógeno mineral. Si los materiales orgánicos tienen una relación C:N de menos de 20, hay usualmente una liberación de nitrógeno mineral al principio del proceso de descomposición (32).

La fauna que actúa en la descomposición del material orgánico oxida el carbón como una fuente de energía e ingieren nitrógeno para su síntesis de proteína. Un nivel de carbono/nitrógeno de 30:1 a 40:1 por peso es considerado esencial para su descomposición microbiana. A niveles inferiores, el nitrógeno se vuelve volátil en forma de amoníaco, el cual causa mal olor. Cuando el nivel de carbono/nitrógeno es demasiado alto, el nitrógeno se limita y la descomposición disminuye su proceso (19).

3.1.6.2 Tamaño y espacio de las partículas

La actividad microbiana ocurre generalmente por encima de las partículas orgánicas. Por tal motivo, disminuye el tamaño de partículas, causa un aumento de espacio que conduce a la actividad microbiana y aumenta el grado de descomposición. Por otro lado, cuando las partículas son muy pequeñas, la ventilación disminuye provocando una merma en el oxígeno disponible a los microorganismos presentes, que en consecuencia disminuyen la actividad biológica (19).

3.1.6.3 Humedad

La degradación inducida por microorganismos ocurre más rápidamente en las delgadas capas de líquido que se encuentran por encima de las partículas delgadas orgánicas. Una menor cantidad de humedad evita la activación bacteriana, y mucha humedad resulta en una descomposición más lenta, malos olores (proceso anaeróbico) y pobre nutrimento. El rango óptimo de humedad para que se lleve a cabo una adecuada descomposición del material oscila entre 40 a 60%; lo cual puede medirse cuando el material putrefacto, al apretarse con la mano, expulsa de 1 a 2 gotas de agua (19).

3.1.6.4 Temperatura

El aumento de temperatura, es decir, el calor es producido como resultado de la desintegración microbiana del material orgánico. Lo ideal en métodos comerciales, es una temperatura entre 50-60 grados centígrados, que se alcanza en pocos días. Por encima de los 60 grados centígrados, van en detrimento a la actividad metabólica de los microorganismos, dándose una pudrición inadecuada que baja la calidad del abono orgánico (19).

3.1.7 Compost

La fabricación del compost consiste básicamente en darle un aprovechamiento a ciertos desperdicios transformándolos en un abono rico en nutrientes. Su suministro adecuado de compost a un suelo pobre, durante un periodo de 2 a 3 años, mejora sus propiedades y características físicas y químicas.

El compost es un material de buen olor y excelentes cualidades, pudiendo ser de tres clases:

- El compost de residuos vegetales compuesto por rastrojos de pasto fresco y marchitado, malezas y otros residuos vegetales o mulch.
- El compost de desperdicios domésticos con y/o desechos agroindustriales orgánicos.
- El compost de estiércol que se prepara a base de excremento y orina de animales domésticos, agregando rastrojos y otros residuos vegetales.

El resultado exitoso del compostaje depende de la mezcla de materiales y manipuleo en el proceso de fermentación y el tratamiento (18).

3.1.7.1 Propiedades del compost

- *Actividad física:* de acuerdo a las tierras ligeras y muy compactas, se evita la formación de costras, facilita el laboreo, mejora la aireación de las raíces, incrementa la capacidad de retención del agua con la consiguiente economía de la misma y regula la permeabilidad y drenaje de los suelos (8).
- *Actividad química:* con la arcilla, el humus forma un complejo arcilloso húmico que funciona como regulador de la nutrición vegetal, aumenta la capacidad de intercambio de iones, economiza y hace más asimilables los abonos minerales, aminora la retrogradación del potasio, mantiene el fósforo en estado asimilable debido a la formación de complejos fosfo-húmicos, cura y previene la clorosis férrica (8).
- *Actividad biológica:* el humus revitaliza el suelo al aportar microorganismos útiles, hace las veces de soporte de microorganismos que viven a sus expensas y lo transforman, aumenta la resistencia a las plantas a todo tipo de enfermedades, está exento de semillas y malezas, por las altas temperaturas que

soporta durante la fermentación, se elimina cualquier posibilidad de contaminación. Entre los numerosos campos de aplicación de la composta se pueden citar los siguientes: frutales, viñedos, horticultura, floricultura, jardinería (8).

3.1.7.2 Fabricación del compost

Los tipos de aboneras que más se usan son: *A)* de trinchera o aérea, *B)* de jaula, *C)* de fosa o silo. El sitio para construirla debe poseer agua cerca, lejos de habitaciones y cerca del terreno a aplicar. El tamaño de las aboneras puede variar en función de la humedad, ambiente, temperatura y la cantidad de materia prima con que se cuente. El material de que se trate debe ir colocándose en la abonera en forma de capas, de tal manera que todo quede bien apretado y acondicionado. Se le pone tierra como una capa separadora por poseer las siguientes propiedades: aumenta el contenido de microorganismos, facilita la descomposición, equilibra la humedad, absorbe amonio, mejora las condiciones de acidez, actúa como diluyente en la fermentación y da al abono una textura granular que facilita su manipuleo (24).

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización

El estudio se realizó en la Unidad Ejecutora de Pesca Artesanal (UNEPA) y Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), que se encuentra en el Municipio de Amatitlán del departamento de Guatemala, ubicada geográficamente en las coordenadas, latitud norte 14°28'12", longitud oeste 90°37'45". Esta área pertenecía a la ex-Dirección General de Servicios Pecuarios (Figura 10A).

3.2.2 Climatología

Esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 20.4 grados centígrados; con una máxima de 25.6 grados centígrados y una mínima de 17.8 grados centígrados. Está a una altura sobre el nivel del mar de 1,200 metros. La zona tiene una precipitación anual promedio de 1,256.9 mm. distribuidos en el período de mayo a octubre, registrándose una humedad relativa promedio de 82% anual, además registra una evapotranspiración potencial entre 1.00 – 0.50 y una biotemperatura media anual de 12 y 18 °C (16).

3.2.3 Zonas de vida

Según De La Cruz (5), de acuerdo al sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, el área donde se realizará la investigación se incluye dentro de la zona de Bosque húmedo subtropical templado (bh-S(t)).

3.2.4 Suelos

De acuerdo a la clasificación de Simmons, Pinto y Tarano (29), la zona está dentro de los Suelos aluviales no diferenciados (SA), dentro de ellos se encuentran agrupados suelos aluviales jóvenes de diferentes características, donde existen áreas de magnitudes variables, discontinuas.

4. OBJETIVOS

4.1 General :

Contribuir al aprovechamiento del lirio acuático (*Eicchornia crassipes*) extraído del Lago de Amatitlán, al ser utilizado como materia prima para la producción de abono orgánico, por medio de sistemas para acelerar el proceso de descomposición.

4.2 Específicos :

4.2.1 Cuantificar el contenido de macronutrientes (N-P-K) de lirio acuático al inicio y al final de la investigación, en cada uno de los sistemas de descomposición a utilizar.

4.2.2 Determinar el tiempo que dura la transformación de lirio acuático a compost a través de la estabilización de la relación C/N durante el período de descomposición en cada uno de los sistemas a utilizar.

4.2.3 Comparar los efectos de los sistemas para acelerar la degradación del lirio acuático, en relación a los tiempos de descomposición y disponibilidad de macro-nutrientes (N-P-K).

5. HIPOTESIS

De los tres sistemas de descomposición a evaluar al menos uno mostrará un mayor contenido y solubilidad de macronutrientes (N-P-K) en el compost a producir.

Los tiempos de transformación del lirio acuático para cada sistema que acelera la descomposición no serán iguales.

6. METODOLOGIA

6.1 Manejo del experimento

El lirio acuático fue extraído del Lago de Amatitlán, fue transportado al área de la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA) y Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), dicha área fue bajo una galera techada con lamina de zinc, una pared de block de 1 m de alto y de ésta al techo una malla de alambre, permitiendo que el experimento tuviera ventilación suficiente y homogeneidad del ambiente. En dicho lugar donde se distribuyeron los tratamientos con sus respectivas repeticiones. (ver Figura 1; Distribución espacial de los tratamientos con sus respectivas repeticiones y distanciamientos, área ENCA-CEMA, Amatitlán. 1999). Además, al material fue picado en forma manual con ayuda de machetes y se dejó 48 horas al aire libre, para que disminuyera el exceso de humedad. Cada abonera consistió en un cajón rectangular de madera de pino, con capacidad de 0.08 metros cúbicos.

6.1.1 Tratamientos

Se utilizaron los tratamientos siguientes: Coqueta roja (*Eisenia foetida*), degradador de rastrojos (*Digester Plus*), volteo periódico y descomposición natural y fueron manejados de la siguiente manera:

6.1.1.1 Tratamiento 1; Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

Se llenó la abonera de lirio acuático, luego se procedió realizar un agujero, en el centro de la abonera, para luego introducir las lombrices (300 lombrices/0.08m³), cubriéndolas con una delgada capa de lirio para que no queden directamente en la superficie. Se seleccionaron lombrices adultas de pie de cría previamente establecidas en las instalaciones del Centro Experimental de Agronomía (CEDA) de la Universidad de San Carlos de Guatemala y además un pie de cría en la Escuela Nacional Central de Agricultura (ENCA), ambos lotes pertenecían a la misma especie y fueron mezclados para minimizar el efecto en el error experimental. En cada unidad experimental se utilizó una densidad de 300 lombrices, en un volumen de 0.08 metros cúbicos de lirio acuático, haciendo un total de 1,500 lombrices para todo el experimento. El número establecido de 300 lombrices por unidad experimental, estuvo en función de los lotes de lombrices disponibles en los diferentes pie de cría, y en base al consumo diario de cada lombriz (1 gr/día) relacionado con el volumen y el peso de la ninfa a utilizar.

6.1.1.2 Tratamiento 2; Degradador de rastrojos (*Digester Plus*)

Se procedió a llenar la caja con lirio acuático, se le aplicó una dosis comercial de 250 cc / 9.5 l / 909.1 Kg de residuos orgánicos. La conversión para el peso de lirio / abonera, que es de 31 Kg., se usó una dosis de 8.50 cc degradador de rastrojos/abonera; al usar una bomba asperjadora de 16 l de capacidad se le pusieron 9.5 l de agua. Se colocaron 4 pantallas de plástico alrededor de cada abonera que le correspondió ese tratamiento, para evitar que el producto afectara las demás unidades. La aplicación del producto se estuvo realizando conforme se fue llenando la abonera, es decir, una capa de 5 cm. se le roció producto, hasta conformar el volumen de 0.08 metros cúbicos, de tal manera que se homogeneizara la aplicación del degradador.

6.1.1.3 Tratamiento 3; *volteo periódico*

Solamente se llenó la abonera con lirio acuático. El volteo se realizó con una frecuencia de una vez cada diez días hasta los 120 días.

6.1.1.4 Tratamiento 4; *descomposición natural = testigo*

Únicamente se llenó la abonera con lirio y se dejó que se llevara cabo la descomposición.

La temperatura se midió una vez por semana, por medio de un termómetro con unidades de medida en °C, el cual se introdujo en la parte superior dentro de cada unidad experimental (abonera), por un minuto, buscando mantener la temperatura de las aboneras por debajo de los 60°C, para asegurar la calidad del material a producir (12,19).

Con respecto al control de la humedad en cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones, se aplicaron riegos con la frecuencia que el contenido de humedad aparente lo requirió a lo largo del desarrollo del experimento. La humedad se determinó por medio del tacto; se tomó con la mano una muestra del material, y si éste al comprimirlo derramaba gotas de agua, era obvia la humedad abundante; al comprimir el material y al abrir la mano, si éste se fragmentaba totalmente, se aplicaba agua; si el material mantenía su consistencia, la humedad estaba estable y no era necesario la aplicación de agua. Con el control de la humedad se persiguió dar las condiciones adecuadas a los microorganismos (bacterias, hongos y enzimas catalíticas) encargados de la descomposición de celulosa, hemicelulosa y lignina, y una buena conversión alimenticia y reproducción de la coqueta roja.

6.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y 5 repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales (20 aboñeras).

6.3 Unidad experimental

La unidad experimental, consistió en un cajón de madera de pino, con dimensiones de 0.8m de largo, 0.5 m de ancho y 0.2 m de alto para un volumen de 0.08 metros cúbicos de lirio acuático (Figura 2). En total se manejaron 20 unidades experimentales, distribuidas en 86.4 metros cuadrados de área bajo techo. Las dimensiones de cada abonera, fueron definidas por el área a usar y el manipuleo del volumen de material. Además se logró una mayor homogeneidad, control de la temperatura y humedad de cada uno de los sistemas de descomposición evaluados.

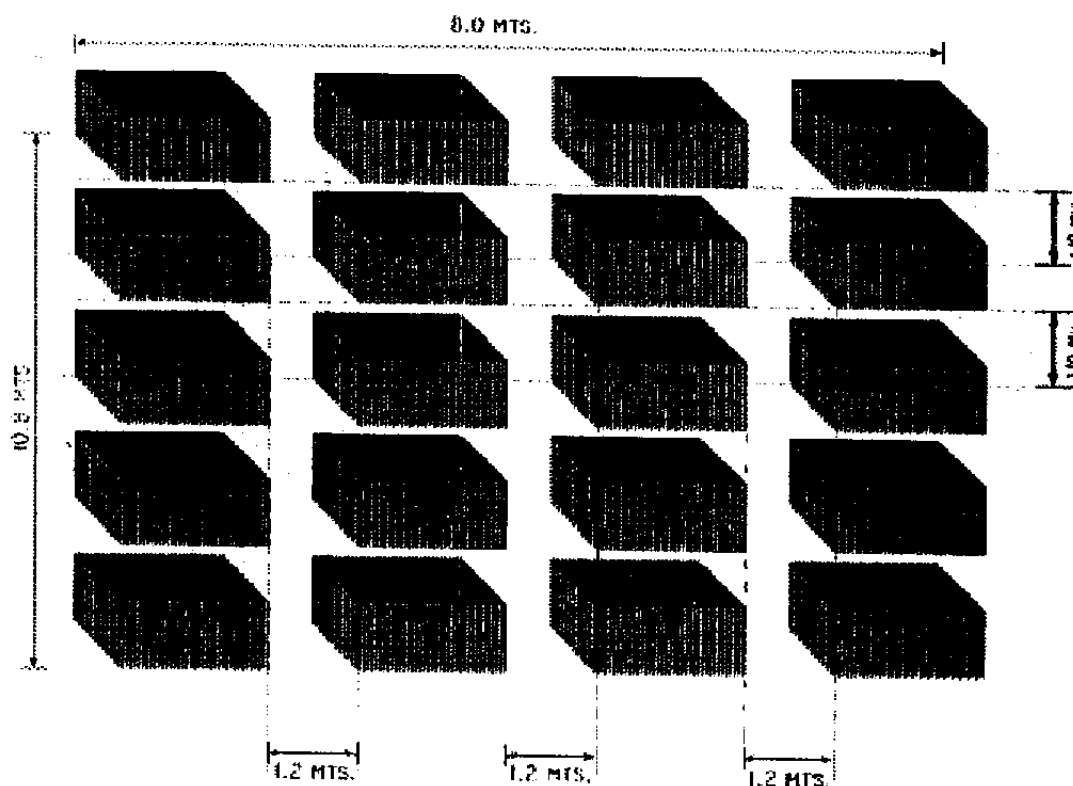


Figura 1: Distribución espacial de los tratamientos con sus respectivas repeticiones y distanciamientos, área ENCA-CEMA, Amatitlán 1999.

AREA TOTAL: 86.4 m²

En donde :

T1=Coqueta roja T2=Degradador de rastrojos T3=Volteo periódico T4=Testigo (descomposición natural)

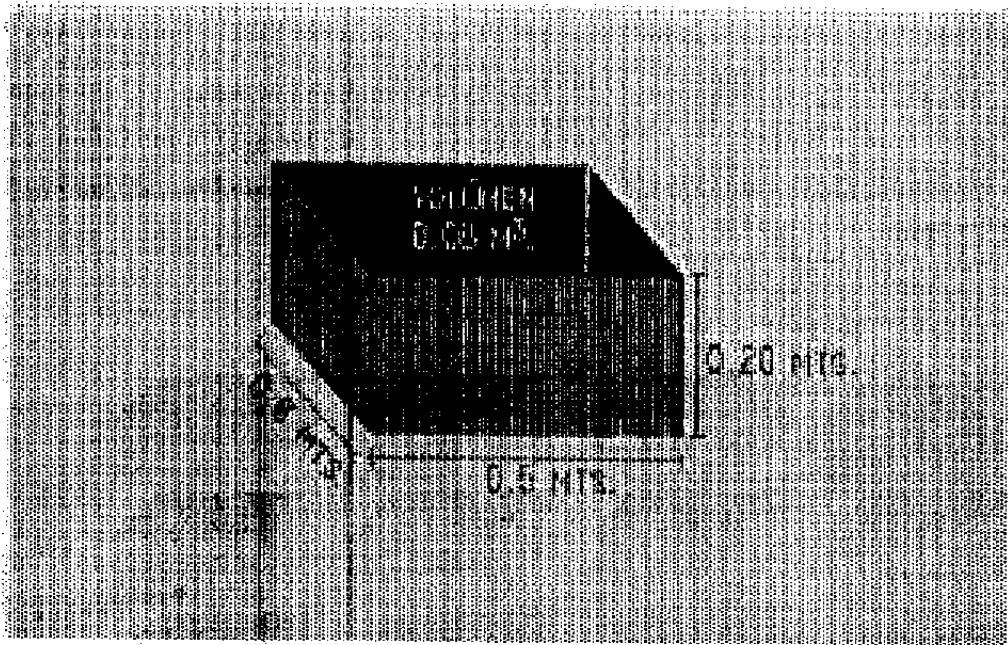


Figura 2: Esquema de la abonera con sus dimensiones. área ENCA-CEMA.1999.

6.4 Modelo estadístico

El modelo estadístico que se usó para el análisis de la información fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, 4$ = sistemas para acelerar la descomposición

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ = repeticiones

donde;

Y_{ij} = días a la descomposición obtenido en el i -ésimo sistema para acelerar la descomposición y en la j -ésima repetición.

μ = media general

τ_i = Efecto del i -ésimo sistema para acelerar la descomposición

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental asociado ij -ésima abonera.

6.5 Variables de respuesta

Días a la descomposición del lirio acuático, el que fue determinado por la estabilización de la relación C/N (2, 32).

6.5.1 Determinación del contenido de N-P-K, M.O. y pH:

Al inicio y a partir de un mes de montado el experimento y posteriormente cada 15 días se tomaron 5 submuestras (aprox. 0.45 Kg) las cuales constituyeron una muestra de cada unidad experimental, así como al finalizar el período de 120 días de descomposición se realizó el último muestreo de cada unidad experimental, que sirvió para justificar el contenido inicial del material.

Las muestras se llevaron a los laboratorios de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos y al laboratorio analítico de Autoridad del Lago de Amatitlán para el análisis químico respectivo, que se describe en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Métodos utilizados a nivel de laboratorio para determinación N-P-K (%), pH y Materia orgánica M.O.(%)

DETERMINACION	METODO
Fósforo (%)	Colorimetría (9)
Potasio (%)	Carolina del Norte Absorción atómica (9)
Nitrógeno (%)	Metodología de Kjeldahl (9)
PH	Potenciometro
Materia orgánica (%)	Walkey & Black Modificado (17)

6.5.2 Tiempo de descomposición del sustrato

Para determinar el menor tiempo de degradación, se realizaron los muestreos con la frecuencia que se menciona en el inciso 6.5.1; y a partir de ellos se obtuvo el carbono orgánico ($\%C.O. = \%M.O. / 1.724$) y la relación C/N determinada por ($C/N = \%C.O. / \%N$). La estabilización de la relación C/N se produce, cuando las actividades internas de descomposición cesan (2, 32). En este momento se determina el tiempo de descomposición para cada uno de los tratamientos y se realizó el análisis de varianza.

Estos registros sirvieron básicamente para hacer las comparaciones respectivas entre cada tratamiento, y conocer así cual de ellos fue el más eficiente en función del tiempo de descomposición del lirio acuático a compost.

6.6 Análisis de la información

6.6.1 Gráficos descriptivos

Para la temperatura, pH, relación Carbono/Nitrógeno, Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K) y materia orgánica, se elaboraron gráficas que mostraron su comportamiento durante el tiempo que duro el experimento.

6.6.2 Análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza para Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K) determinados, Materia Orgánica, pH y relación Carbono/Nitrógeno, en algunos casos estas variables mostraron diferencia significativa durante los tiempos de descomposición; razón por la cual se realizó la prueba de Tukey, para conocer y cuantificar los efectos de cada variable.

7.1 Contenido de Nitrógeno (%)

En la Figura 3 se presenta el comportamiento y la tendencia del contenido de nitrógeno durante el periodo de descomposición, dando valores de 1.85 % de disponibilidad de nitrógeno a los 90 días, coqueta roja (*Eisenia foetida*), segundo lugar el volteo periódico con 1.55 %, tercer lugar para el testigo con 1.48 % y último lugar Stubble digester plus con 1.46 %.

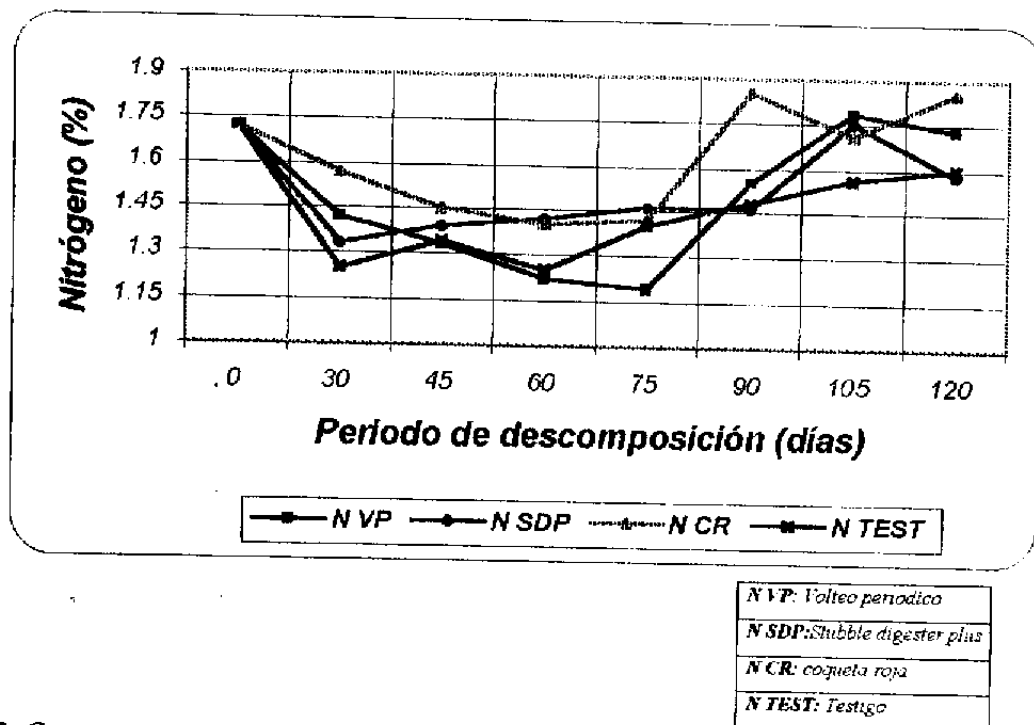


Figura 3: Comportamiento del nitrógeno (N), durante 120 días de descomposición.

Puesto que el nitrógeno es una fuente de alimento microbiano y un elemento esencial en la proliferación de la microfauna, se observó que durante el periodo de descomposición el nitrógeno disminuyó en todos los tratamientos; sin embargo, a los 90 días la fuente microbiana excretada por la coqueta roja dejó de reproducirse y ello produjo un aumento en la mineralización y humificación del material orgánico (20).

El degradador de rastros, presentó un comportamiento similar al anterior pero con valores más bajos; su aumento significativo se presentó a los 105 días, cuando las actividades biológicas internas de descomposición habían concluido.

Con respecto a los restantes tratamientos el comportamiento fue poco fluctuante por lo que las actividades internas fueron constantes, a lo largo de los 120 días de descomposición. Estadísticamente se comprueba que hubo significancia al 5% entre los tratamientos, por lo que se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey (ver Cuadro 2 y 3). El cuadro 3 muestra que el volteo periódico, el testigo y el Digester plus, son estadísticamente iguales, no así la coqueta roja que los superó, dando mayor solubilidad de nitrógeno a los 90 días cuando las actividades biológicas de degradación disminuyeron y por tanto el contenido del nitrógeno aumentó.

El coeficiente de variación con un valor de 4.79 indica que la investigación presentó un buen manejo y no se manifestó mayor influencia en el comportamiento del N.

CUADRO 2: Resumen del análisis de varianza practicado a la variable nitrógeno (%). Amatitlán 1999.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Trat	3	0.4884	0.1628	28.30	0.0001*
Error exp.	16	0.09204	0.00575		
Total	19	0.5804			

C.V. = 4.7957

Media general = 1.5815

* significativo al 5 % de probabilidad

CUADRO 3: Resumen de la prueba de Tukey para los porcentajes de nitrógeno (N) a los 90 días de descomposición.

Grupo Tukey	Media (%) N	Tratamiento
A	1.846	Coqueta roja
B	1.546	Volteo periódico
B	1.478	Testigo
B	1.456	Digester plus

Nota: tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

7.2 Contenido de Fósforo (%).

El contenido inicial del fósforo era 0.15%, a los 30 días bajó a valores de 0.011 % y se mantuvo casi estable hasta los 120 días para los cuatro tratamientos. Esto demuestra que el fósforo no se incrementó durante el experimento.

Por ende el análisis estadístico no presentó significancia al 5 %, la prueba de medias Tukey indica que todos los tratamientos son estadísticamente iguales.

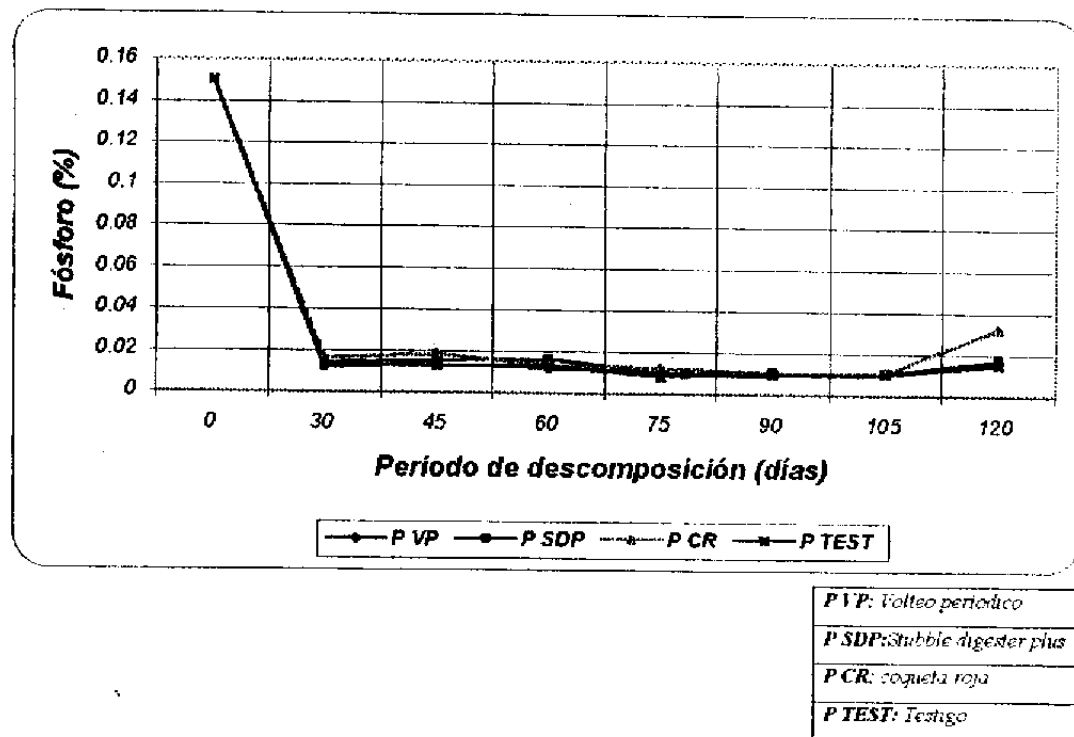


Figura 4: Comportamiento del fósforo (P), durante 120 días de descomposición.

CUADRO 4: Resumen de la análisis de varianza practicado a la variable fósforo (%), Amatitlán 1999.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Trat	3	0.0000052	0.0000017	1.58	0.2327NS
Error exp.	16	0.0000176	0.0000011		
Total	19	0.0000228			

C.V. = 10.2582

Media general = 0.01022

NS: no significativo al 5 % de probabilidad

7.3 Contenido de Potasio (%)

El contenido de potasio depende de la calidad de nutrientes que contenga el sustrato orgánico que se utilice. En la Figura 5, se observa que el potasio presentó a los 90 días valores más altos con el degradador de rastrojos debido a que este producto alteró las características químicas del sustrato con suministro de minerales, enzimas y proteínas a los microorganismos, para el proceso de descomposición.

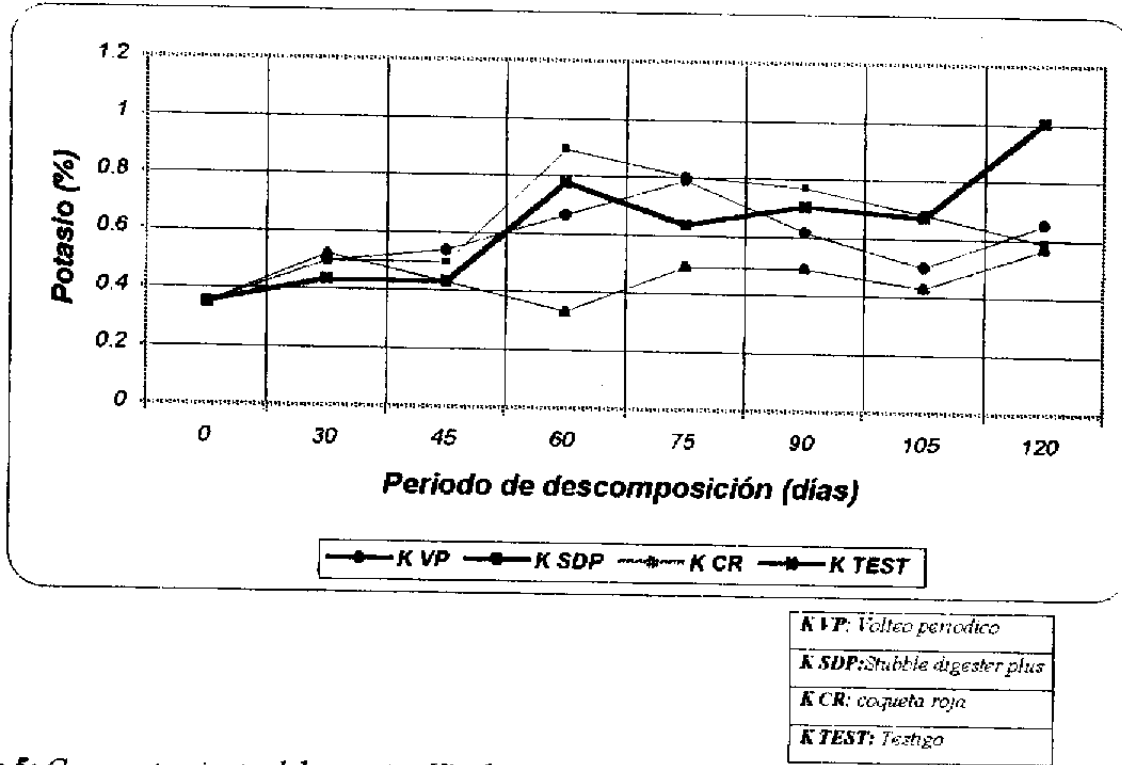


Figura 5: Comportamiento del potasio (K), durante 120 días de descomposición.

Durante el proceso de descomposición el potasio aumentó con respecto al valor disponible al inicio del experimento en los tratamientos de volteo periódico, degradador de rastrojos y el testigo. Con coqueta roja la declinación que se observa, posiblemente se debió a que el potasio pasó a ser parte de su organismo (2).

El análisis de varianza (ver Cuadro 5), presentó una significancia al 5% y por tanto se procedió a realizar la prueba de Tukey (Cuadro 6), donde se manifestó que el testigo es estadísticamente igual al Digester Plus y al volteo periódico. Tomando en cuenta las observaciones anteriormente mencionadas de la coqueta roja, la misma difiere estadísticamente del resto de los tratamientos.

CUADRO 5: Resumen del análisis de varianza practicado a la variable potasio (%), Amatitlán 1999.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Trat	3	0.2146	0.07155	28.84	0.0001*
Error exp.	16	0.03969	0.00248		
Total	19	0.25436			

C.V. = 7.7305

Media general = 0.6443

* *significativo al 5 % de probabilidad*

CUADRO 6: Resumen de la prueba de Tukey para los porcentajes de potasio (K) a los 90 días de descomposición.

Grupo Tukey	Media (%) K	Tratamiento
A	0.77	Digester plus
AB	0.7	Testigo
B	0.6154	Volteo periódico
C	0.492	Coqueta roja

Nota: tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

7.4 pH

Durante el proceso de descomposición se observó que el comportamiento del pH osciló entre 6.9 hasta 9.0 (Figura 6)

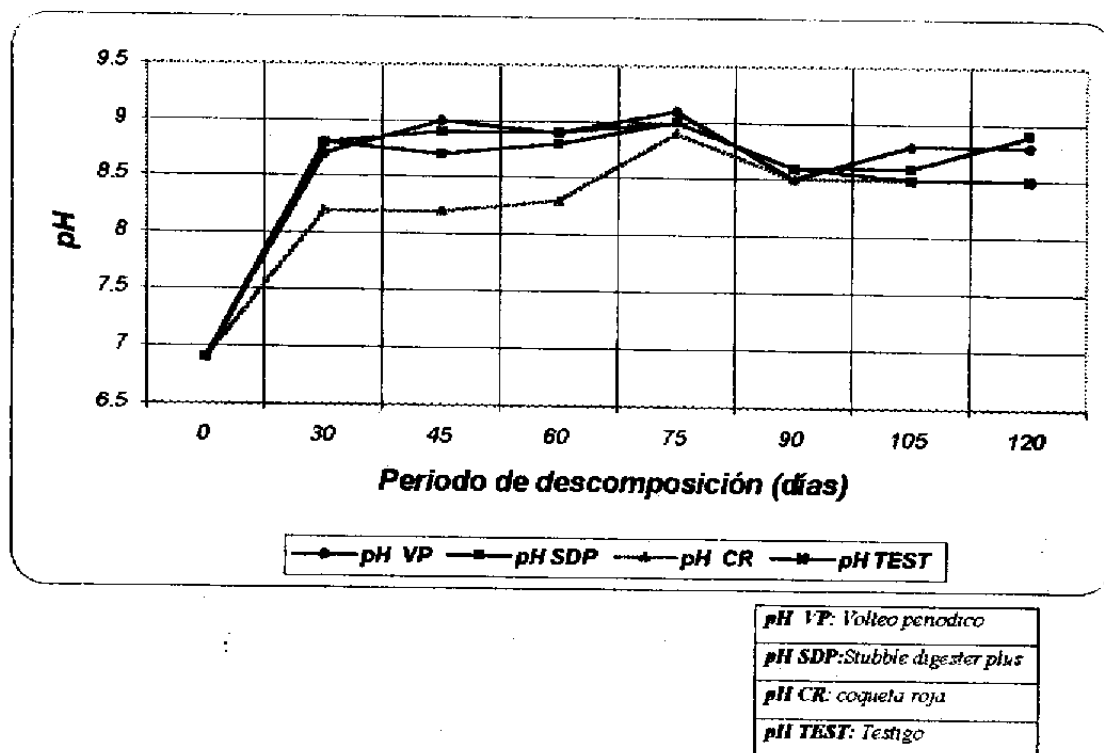


Figura 6: Comportamiento del pH, durante 120 días de descomposición.

El análisis de varianza (Cuadro 7), no registró significancia al 5%, por tanto los tratamientos fueron estadísticamente iguales.

El incremento en el pH para la coqueta roja, se debió por la presencia de la misma en el sustrato (2), además el Digester Plus con su composición química, esta conformado por compuestos hidrolizantes que aumentan el pH (6). Para el testigo y el volteo periódico su incremento, fue por que no se formaron ácidos orgánicos, durante la descomposición.

Según Martínez,C., (22) la coqueta roja requiere de un pH que oscile entre 6.8 y 7.2 para su normal reproducción, por tanto, en el presente estudio, la cifras de pH alcanzadas arriba de 8 limitaron su reproducción. Al inicio del experimento se utilizaron 1,500 lombrices y a los 120 días estudiados la población apenas se incrementó en 650 individuos.

CUADRO 7: Resumen del Análisis de varianza practicado a la variable pH, Amatitlán 1999.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Trat	3	0.0135	0.0045	0.03	0.9944NS
Error exp.	16	2.872	0.179		
Total	19	2.885			

C.V. = 4.946

Media general = 8.565

NS: no significativo al 5 % de probabilidad**7.5 Contenido de Materia orgánica (%)**

La materia orgánica contiene microorganismos que suministran nutrientes esenciales a las plantas, además se mantiene en constante renovación por las actividades biológicas internas de descomposición.

Durante el proceso de descomposición la materia orgánica tiende a disminuir, debido a la constante actividad de la microfauna en el sustrato y a la utilización del mismo; sin embargo, el comportamiento presentado en la figura 7 es similar en todos los tratamientos debido a que el sustrato fue el mismo.

La materia orgánica presentó diferencia significativa al 5 % realizándose la prueba de Tukey (ver Cuadros 8 y 9), el testigo presentó la media más alta por su lenta degradación; en cambio la coqueta roja, Digester Plus y volteo, son estadísticamente iguales. Esto se debió porque las actividades biológicas de descomposición necesitan de la materia orgánica para sus procesos metabólicos de degradación, es por ello que durante la evolución del material los valores de materia orgánica tienden a disminuir hasta su estabilización.

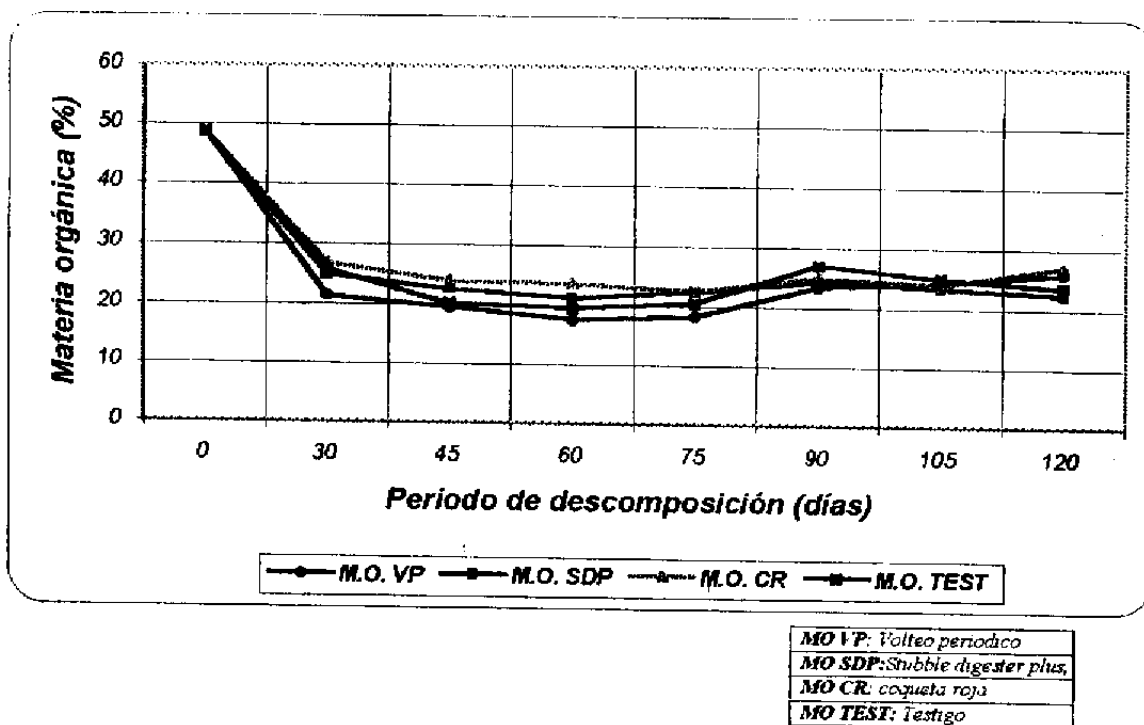


Figura 7: Comportamiento de la Materia orgánica (M.O.), durante 120 días de descomposición.

CUADRO 8: Resumen del análisis de varianza practicado a la variable materia orgánica (%), Amatitlán 1999.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Trat	3	105.198	35.066	9.21	0.0009*
Error exp.	16	60.913	3.807		
Total	19	166.112			

C.V. = 4.5314

Media general = 43.0585

* **significativo al 5 % de probabilidad**

CUADRO 9: Resumen de la prueba de Tukey para los porcentajes de Materia orgánica (M.O.) a los 90 días de descomposición.

Grupo Tukey	Media (%)	Tratamiento
A	46.634	Testigo
AB	43.29	Coqueta roja
AB	41.84	Digester plus
B	40.466	volteo periódico

Nota: tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

7.6 Relación carbono/nitrógeno

La relación carbono/nitrógeno, indica la mineralización y humificación parcial de cualquier sustrato orgánico. En el caso de coqueta roja se aumenta dicha relación, pues los valores varían de 16/1 a 17/1 (ver Cuadro 12A). Su estabilización a través del tiempo indica que la mineralización y humificación han llegado a un estado estable que es cuando los nutrientes están disponibles para las plantas. Con la coqueta roja, la disponibilidad se obtuvo a los 90 días (Figura 8); en consecuencia, en ese momento se realizó el análisis estadístico a todos los tratamientos.

En la Figura 8 podemos notar el comportamiento de la relación carbono/nitrógeno durante el período de descomposición.

El análisis de prueba de Tukey con una significancia al 5% (Cuadro 11) se realizó de abajo hacia arriba ya que coqueta roja presenta la media más baja con valor de 13.622/1,

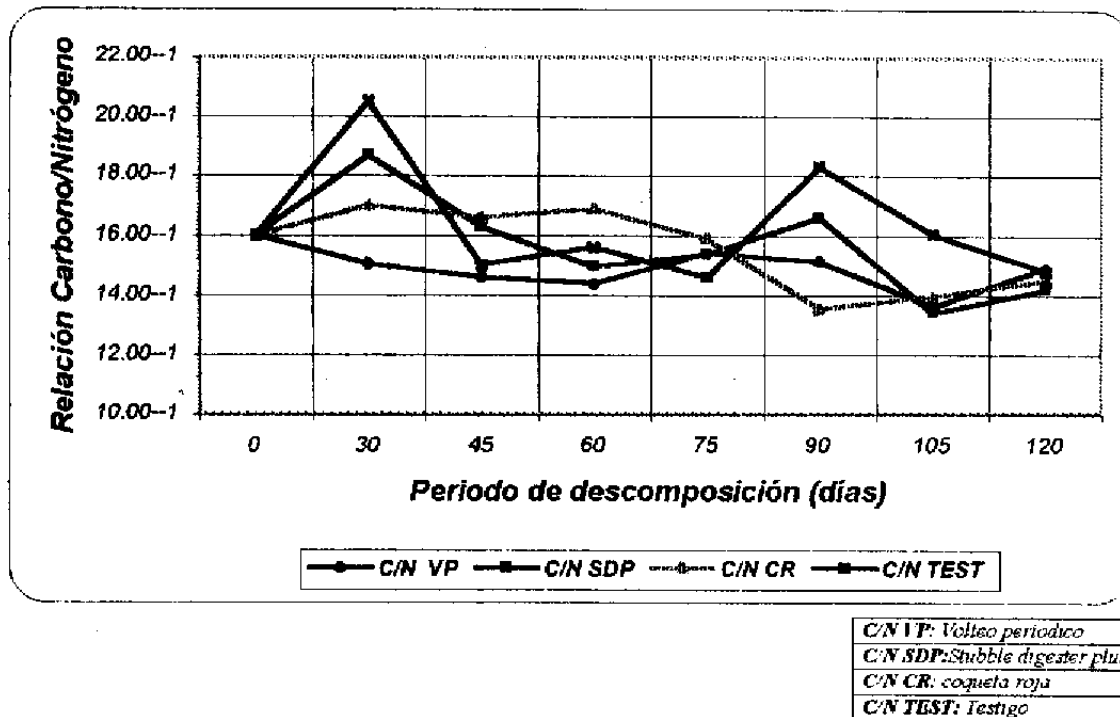


Figura 8: Comportamiento de la relación carbono/nitrógeno, durante 120 días de descomposición.

Con el Digester Plus (Figura 8) la maduración del sustrato se produjo a los 105 días, cuando la relación C/N llegó a una media de 16.712/1 ocupando el tercer lugar de importancia aunque estadísticamente presenta igualdad con el testigo y el volteo periódico (Cuadro 11).

El valor de 5.52 del coeficiente de variación indica claramente que el manejo del estudio fue adecuado, garantizándose con ello que en la relación C/N no participó ningún procedimiento ajeno a los tratamientos.

CUADRO 10: Resumen del análisis de varianza practicado a la variable relación Carbono/Nitrógeno nitrógeno (%), Amatitlán 1999.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Fc	Pr > F
Trat	3	60.394	20.1314	25.91	0.0001*
Error exp.	16	12.4326	0.777		
Total	19	72.827			

C.V. = 5.523

Media general = 15.959

* *significativo al 5 % de probabilidad*

CUADRO 11: Resumen de la prueba de Tukey para los valores de la relación carbono/nitrógeno (C/N) a los 90 días de descomposición.

Grupo Tukey	Media (%)	Tratamiento
A	18.3	Testigo
A B	16.712	Digester plus
B C	15.204	volteo periódico
C	13.622	coqueta roja

Nota: tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales.

7.7 Temperatura

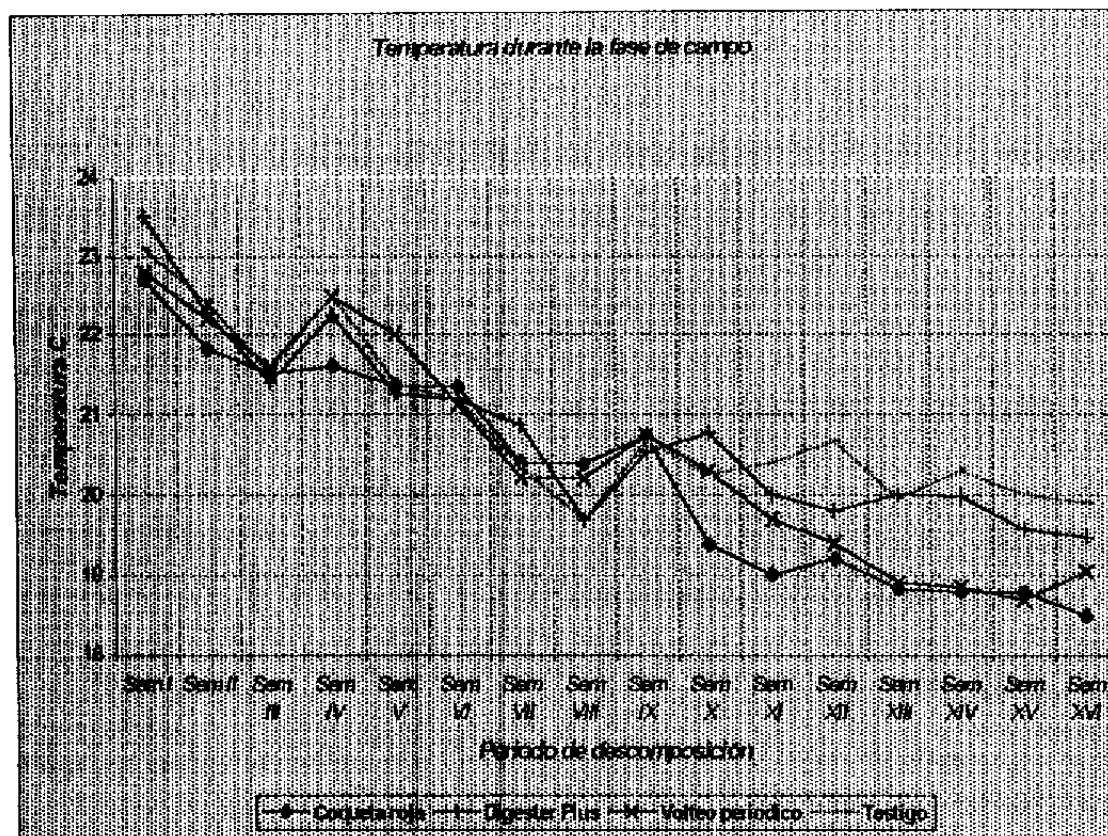


Figura 9: Comportamiento de la Temperatura durante la fase experimental sobre todos los tratamientos.

La temperatura es un factor indispensable para la elaboración de compost, debido a que es el responsable del comportamiento, población o proliferación de la flora microbiana y cualquier agente descomponedor que se aplique.

Para las condiciones en las que se evaluó el lirio acuático y su descomposición, la temperatura interna de las aboneras no alcanzó los valores tan elevados que se mencionan en la literatura (50 a 60 grados centígrados). Al inicio del experimento, por su propia naturaleza, el lirio acuático contenía gran cantidad de humedad, lo anterior hizo que la temperatura no presentará mayor variación en la fase de campo.

En particular conforme fue transcurriendo el tiempo de descomposición el tratamiento de coqueta roja a la semana 12 (90 días), empezó a estabilizarse hasta al final del estudio. El Digester plus de igual manera

empezó a estabilizarse pocos días después de la coqueta roja, pero con valores más elevados, el volteo y el testigo mantuvieron también una tendencia descendente, pero los valores fluctuaron mucho con respecto al resto de tratamientos.

8. CONCLUSIONES

- El análisis químico realizado para todas las variables estudiadas definió la estabilización de la relación Carbono/Nitrógeno y en consecuencia la Coqueta roja (*Eisenia foetida*) la obtuvo a los 90 días y el degradador de rastros (*Digester Plus*) a los 105 días, por tanto la coqueta roja obtuvo el tiempo más corto de descomposición.
- A los 90 días la calidad del sustrato de coqueta roja fue superior a los demás. Los valores obtenidos fueron Nitrógeno (1.85%), fósforo (0.011%), potasio (0.49%), una materia orgánica de 43.21 % y una relación de Carbono/Nitrógeno de 13.54 / 1 la que indicó la maduración del compost. (ver cuadro 12A). Para el Degradador de rastros (*Digester Plus*) a los 105 días los valores fueron: Nitrógeno (1.75%), Fósforo (0.01046%), Potasio (0.68%), materia orgánica de 40.47 y una relación de Carbono/Nitrógeno de 13.41/1. El volteo periódico y el testigo no presentaron estabilización de la relación Carbono/Nitrógeno durante los 120 días, por tanto se supone que requiere más tiempo.

9. RECOMENDACIONES

- Utilizar la vermicultura en la transformación del lirio acuático a compost, ya que este sistema arrojó en el presente estudio los valores más altos de disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Materia Orgánica en el menor tiempo (90 días).
- Realizar un estudio a nivel comercial con coqueta roja (*Eisenia foetida*) y degradador de rastrojos (*Digester Plus*) para determinar los costos respectivos.
- En atención a los altos volúmenes de lirio acuático que deben extraerse del lago, es necesario y urgente interesar a los caficultores, horticultores, fruticultores y otros a utilizar este material para mejorar física y químicamente el sustrato que ellos usan para sus viveros y siembra definitiva de sus cultivos.

10. BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSEN,C. 1998. The influence of climatic conditions on activity and vertical distribution of earthworms in Danish arable soil. s.l., The Royal Veterinary and Agricultural University. p 57-58.
2. ARANDA DELGADO, E. 1992. El manejo de lombrices para la introducción de abono orgánico de pulpa de café. Xalapa, México, Concepto. 22p.
3. ARANGO,J.; CORREA,II. 1992. Informe anual de proyecto ecológico de manejo de desechos con lombricultura y biodigestor. Bogotá, Colombia, Columbus. 33p.
4. ASTON,R. 1988. The case for temperature control in vermiculture *In* Earthworms waste and enviromental management. Netherland, Academic Publishing. p135-143.
5. CRUZ,J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42p.
6. CYTOZYME LABORATORIES (EE.UU). s.f. Digestor de rastrojos; produzca abono orgánico con pulpa de café. Utah, EE.UU. p2.
7. -----, s.f. Digestor plus 36 sl; digestor de materia orgánica. Utah, USA. 1p.
8. DEFFIS CASO,A. 1989. La basura es la solución. México, D.F. Concepto. 277p.
9. DIAZ ROMEU,R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigación en invernadero. Turrialba, C.R., CATIE. 62p.
10. DONAHUE, L.; MILER,W. 1988. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México, D.F. Prentice Hall. 624p.
11. EDWARDS,C. 1995. Historical overview of vermicomposting *Biocicle*. Biologic News. (EE.UU.) 5(2) : 56-58.

12. FAO (Italia). 1983. El reciclaje de materia orgánica en la agricultura en América Latina. Roma, Italia. p12-13, 67-77.
13. FERRUZI, C. 1994. Manual de lombricultura. España, Mundi Prensa. 138p.
14. GONZALEZ F, A. *et al.* 1998. Plan de manejos sustentable de la cuenca del Lago de Amatitlán, Guatemala. Presidencia de la República de Guatemala. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán. 123p.
15. HALLAT,L.; VILJOEN,S.; REINECKE,A. 1992. Moisture requeriments en the life cycle of *perionyx excavatus* (oligochaeta). *Soil Biology and Biochemistry.* (EE.UU.) 24(12) : 1333-1334.
16. ILLESCAS F. O. 1989. Diagnóstico preliminar de los usos de la tierra (agrícola, urbano e industrial) y sus impactos ambientales en la subcuenca de lago de Amatitlán. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 96p.
17. JACKSON, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. Wisconsin, EE.UU, Universitaria. p126-132, 282-290.
18. KOLMANS, E.; VASQUEZ, D. 1996. Manual de agricultura ecológica una introducción a los principios básicos y su aplicación. México, D.F., SIMAS-CICUTEC. 35p.
19. KRASNY, E.M. 1984. Estudio multidisciplinario en un contexto aplicado. New York, EE.UU, Cornell University, Departamento de Recursos Naturales. 45p.
20. LAVELLE,P.; BAROIS,I. 1988. Potencial use of earthworms in tropical soils. *In: Earthworms in waste and enviromental management.* Netherlands, Academic Publishing. p273-279.
21. LOEHR,R.; MARTIN,J.; NEUHAUSER,E. 1988. Stabilization of liquid municipal sludge using earthworms. *In: Earthworms in waste and enviromental management.* Netherlands, Academic Publishing. p95-110.
22. MARTINEZ, C. 1996. Potencial de la lombricultura, elementos básicos para su desarrollo. México, D.F., Concepto. 140p.

23. MEXICO. SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS. s.f. El problema del lirio acuático en el manejo de almacenamientos de cauces. (video). México, Dirección de Control de ríos y Dirección General de Irrigación. 1 video (36min), son. color.
24. MORALES, M. J. 1983. Manual de conservación de suelos. Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, Unidad de Comunicación Social. 71p.
25. MOTALIB RIDA, A. 1984. Los gusanos de tierra y el medio ambiente. Mundo Científico. (Mex.) 146 (14): 1-4.
26. MUÑOZ RIVAS, A.W. 1996. Pronóstico de aspectos sanitarios de la cuenca del Lago de Amatitlán. Guatemala, AMSA. 68p.
27. OBIOLS DEL CID, R. 1975. Mapa climatológico preliminar de la república de Guatemala, según el sistema de Thornthwaite. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional. Esc. 1:1,000,000. Color.
28. EINECKE, A.; VILJOEN, S.; SAAYMAN, R. 1992. The suitability of eugeniae, *Perionyx excavatus* y *Eisenia foetida* (oligochaeta) for vermicomposting in Southern Africa in terms of their temperature requirements. Soil Biology and Biochemistry. (EE.UU.) 24 (12): 1295-1307.
29. SIMMONS, C.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.
30. STANDLEY, P.C.; STEYERMARK, J.A. 1952. Flora of Guatemala. Chicago, EE.UU., Chicago Natural History Museum, Fieldiana Botany. v.24, pt.3, p.45-47.
31. TINNEO, A. 1994. Crianza y manejo de lombrices de tierra con fines agrícolas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. p32.
32. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Barcelona, España, Editorial Montaner y Simon. 760p.
33. TOLEDO GONZALES, J.A. 1993. Evaluación de cuatro proporciones de mezclas provenientes de pulpa de café (*Coffea arabica*) y lirio acuático (*Eicchornia crassipes*) como abono orgánico, San Cristobal Verapaz, Alta Verapaz. Investigación Inferencial-EPISA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 56p.

34. -----, 1994. Estudio de la solubilidad de los elementos esenciales para las plantas (P,K,Ca,Mg,Cu,Zn,Fe,Mn), provenientes de mezclas de pulpa de café (Coffea arabica) y lirio acuático (Elechornia crassipes), mediante la solución extractora Carolina del Norte, San Cristobal Verapaz, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 69p.
35. TOLEDO LIMA, E. 1994. Evaluación de la capacidad de producción de biomasa del lirio acuático (Elechornia crassipes), en la región Sur-Este de la Laguna Chichoj, San Cristobal Alta Verapaz. Investigación Inferencial-EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 52p.



vº Bº

Miriam De La Roca

II. ANEXO

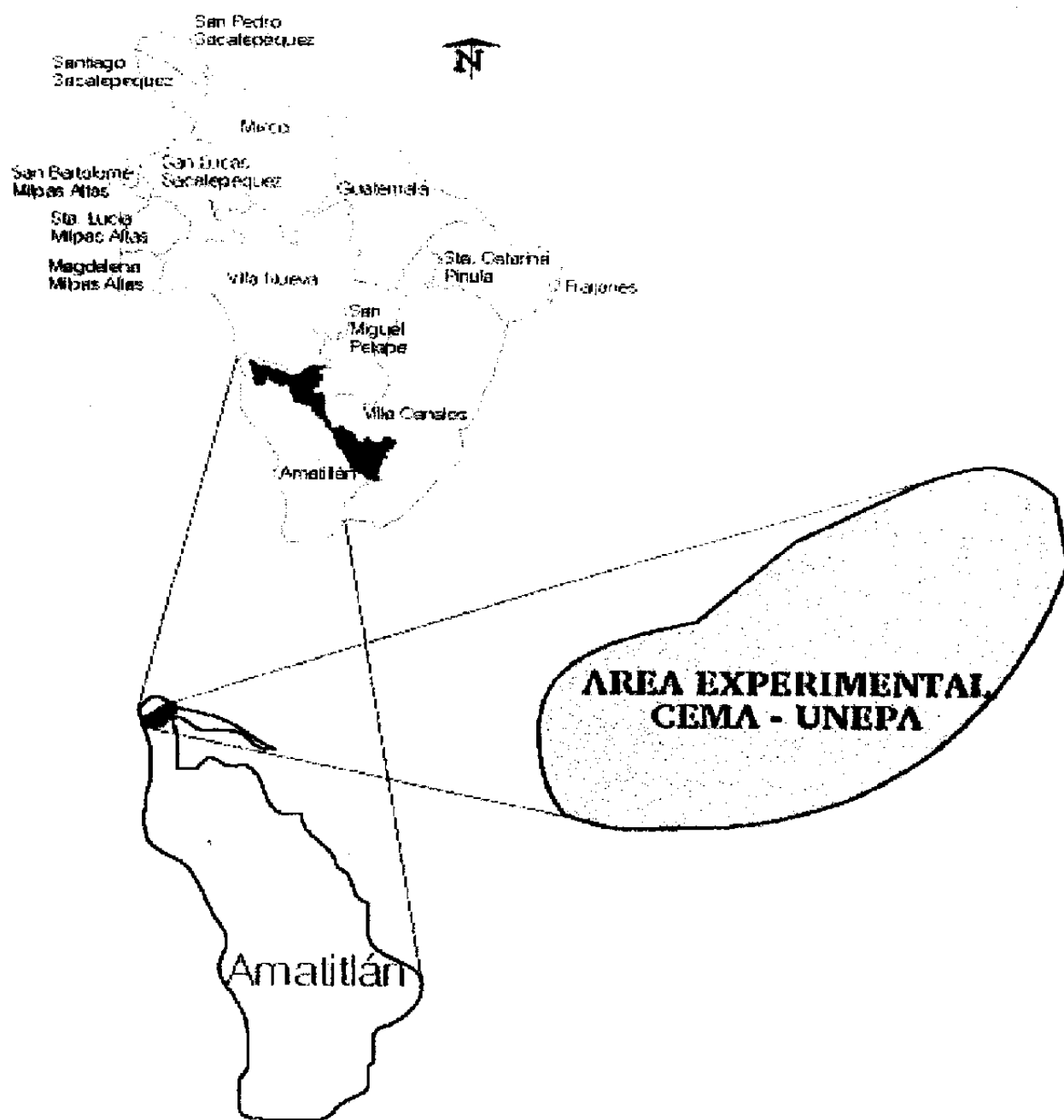


Figura 10A: Ubicación geográfica del área experimental.

CUADRO 12A: Promedios de composición de macromutrientes (N-P-K), pH, materia orgánica, carbono orgánico, relación C/N. TRATAMIENTO Coqueta Roja (*Eisenia foetida*), durante 120 días de descomposición.

	N	P	K	pH	M.O.	C.O.	C/N
Tiempos de descomposición	%				%		
0 día de descomposición	1.72	0.15	0.35	6.9	48.65	28.21	16.0/1
30 días de descomposición	1.57	0.016567	0.52	8.2	46.13	26.75	17.0/1
45 días de descomposición	1.45	0.01865	0.43	8.2	41.52	24.08	16.6/1
60 días de descomposición	1.4	0.01316	0.3325	8.3	40.92	23.7	16.9/1
75 días de descomposición	1.42	0.01249	0.49	8.9	38.91	22.57	15.89/1
90 días de descomposición	1.85	0.01061	0.49	8.5	43.21	25.06	13.54/1
105 días de descomposición	1.71	0.01031	0.43	8.5	41.16	23.87	13.96/1
120 días de descomposición	1.85	0.03224	0.569	8.5	46.52	26.98	14.5/1

CUADRO 13A: Promedios de composición de macromutrientes (N-P-K), pH, materia orgánica, carbono orgánico, relación C/N. TRATAMIENTO Degradador de rastrojos (*Stubble Digester Plus*), durante 120 días de descomposición.

	N	P	K	pH	M.O.	C.O.	C/N
Tiempos de descomposición	%				%		
0 día de descomposición	1.72	0.15	0.35	6.9	48.65	28.21	16.0/1
30 días de descomposición	1.33	0.01379	0.4975	8.8	42.85	24.85	18.68/1
45 días de descomposición	1.39	0.015559	0.495	8.7	39.05	22.65	16.3/1
60 días de descomposición	1.42	0.01611	0.895	8.8	36.65	21.25	14.96/1
75 días de descomposición	1.46	0.009762	0.805	9	38.75	22.48	15.39/1
90 días de descomposición	1.46	0.0105	0.77	8.6	41.84	24.27	16.6/1
105 días de descomposición	1.75	0.01046	0.685	8.6	40.47	23.47	13.41/1
120 días de descomposición	1.58	0.01685	0.589	8.9	38.69	22.44	14.2/1

CUADRO 14A: Promedios de composición de macromutrientes (N-P-K), pH, materia orgánica, carbono orgánico, relación C/N. TRATAMIENTO Volteo periódico cada 10 días, durante 120 días de descomposición.

	N	P	K	pH	M.O.	C.O.	C/N
Tiempos de descomposición	%				%		
0 día de descomposición	1.72	0.15	0.35	6.9	48.65	28.21	16.0/1
30 días de descomposición	1.42	0.01205	0.495	8.7	36.91	21.4	15.07/1
45 días de descomposición	1.33	0.013465	0.5375	9	33.61	19.5	14.6/1
60 días de descomposición	1.22	0.011884	0.665	8.9	30.32	17.58	14.4/1
75 días de descomposición	1.19	0.0102	0.79	9.1	31.62	18.33	15.4/1
90 días de descomposición	1.55	0.009983	0.615	8.5	40.47	23.47	15.14/1
105 días de descomposición	1.78	0.01054	0.5	8.8	41.84	24.26	13.63/1
120 días de descomposición	1.73	0.01699	0.651	8.8	44.58	25.86	14.9/1

CUADRO 15A: Promedios de composición de macromutrientes (N-P-K), pH, materia orgánica, carbono orgánico, relación C/N. TRATAMIENTO Descomposición Natural (testigo), durante 120 días de descomposición.

	N	P	K	pH	M.O.	C.O.	C/N
Tiempos de descomposición	%				%		
0 día de descomposición	1.72	0.15	0.35	6.9	48.65	28.21	16.0/1
30 días de descomposición	1.25	0.01283	0.4325	8.8	44.15	25.61	20.5/1
45 días de descomposición	1.34	0.013251	0.43	8.9	34.93	20.26	15.0/1
60 días de descomposición	1.25	0.012751	0.775	8.9	33.62	19.5	15.6/1
75 días de descomposición	1.4	0.00825	0.635	9	35.29	20.47	14.62/1
90 días de descomposición	1.48	0.00966	0.705	8.6	46.64	27.05	18.27/1
105 días de descomposición	1.56	0.009927	0.67	8.5	43.21	25.06	16.06/1
120 días de descomposición	1.6	0.01498	1.003	8.5	40.84	23.69	14.8/1

CUADRO 16A: Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 30 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999.

30 DIAS DE DESCOMPOSICION							
Identificación	N %	P %	K %	M.O. %	C.O. %	C/N	pH
T1	1.55	0.01559	0.54	47.2	27.38	17.66	9.1
T1	1.56	0.01399	0.57	49.1	28.48	18.26	7.8
T1	1.58	0.01789	0.49	48.05	27.87	17.64	7.9
T1	1.57	0.01597	0.48	45.58	26.44	16.84	8.1
T1	1.6	0.01943	0.51	40.75	23.64	14.77	8.2
T2	1.29	0.0134	0.55	41.25	23.93	18.55	9.1
T2	1.42	0.01401	0.49	46.31	26.86	18.92	8.7
T2	1.35	0.01496	0.48	44.25	25.67	19.01	8.8
T2	1.28	0.01158	0.5	40.25	23.35	18.24	8.9
T2	1.29	0.01478	0.47	42.12	24.43	18.94	8.5
T3	1.45	0.01508	0.49	39.1	22.68	15.64	8.5
T3	1.41	0.01208	0.48	38.94	22.59	16.02	9
T3	1.43	0.01355	0.52	34.52	20.02	14.00	8.7
T3	1.4	0.01258	0.53	35.89	20.82	14.87	8.6
T3	1.42	0.01409	0.46	36.19	20.99	14.78	8.8
T4	1.24	0.01359	0.46	44.97	26.08	21.04	8.9
T4	1.2	0.01289	0.42	42.36	24.57	20.48	8.5
T4	1.29	0.01189	0.4	40.29	23.37	18.12	9.2
T4	1.26	0.01209	0.45	43.69	25.34	20.11	9
T4	1.25	0.01369	0.42	44.6	25.87	20.70	8.5

T1 Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

T2 Stubble Digester Plus

T3 Volteo Periódico

T4 Testigo

CUADRO 17A: Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 45 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999.

45 DIAS DE DESCOMPOSICION

Identificación	N %	P %	K %	M.O. %	C.O. %	C/N	pH
T1	1.46	0.01587	0.48	42.35	24.56	16.83	8.5
T1	1.39	0.01711	0.43	40.39	23.43	16.85	8.4
T1	1.47	0.01652	0.39	39.86	23.12	15.73	7.9
T1	1.48	0.02535	0.44	42.1	24.42	16.50	7.8
T1	1.45	0.01852	0.42	42.89	24.88	17.16	8.4
T2	1.38	0.01247	0.52	40.12	23.27	16.86	8.5
T2	1.42	0.01687	0.53	42.15	24.45	17.22	7.7
T2	1.34	0.01785	0.45	34.89	20.24	15.10	8.9
T2	1.39	0.01587	0.47	37.65	21.84	15.71	9.3
T2	1.42	0.01486	0.51	40.57	23.53	16.57	9.1
T3	1.35	0.01348	0.512	34.25	19.87	14.72	8.8
T3	1.29	0.01248	0.498	35.65	20.68	16.03	9.1
T3	1.34	0.01426	0.54	33.21	19.26	14.38	9.2
T3	1.31	0.01348	0.53	33.56	19.47	14.86	9
T3	1.35	0.01299	0.56	31.45	18.24	13.51	8.9
T4	1.32	0.01458	0.45	35.65	20.68	15.67	8.8
T4	1.36	0.01246	0.45	33.39	19.37	14.24	8.9
T4	1.36	0.01399	0.42	34.59	20.06	14.75	9.1
T4	1.35	0.01248	0.43	36.78	21.33	15.80	9.2
T4	1.33	0.01287	0.42	34.25	19.87	14.94	8.7

T1 Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

T2 Stubble Digester Plus

T3 Volteo Periódico

T4 Testigo

CUADRO 18A: Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 60 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999.

60 DIAS DE DESCOMPOSICION

Identificación	N %	P %	K %	M.O. %	C.O. %	C/N	pH
T1	1.45	0.01398	0.28	42.25	24.51	16.90	8.2
T1	1.32	0.01241	0.34	40.12	23.27	17.63	8
T1	1.56	0.01311	0.35	39.78	23.07	14.79	7.8
T1	1.39	0.01489	0.33	39.85	23.11	16.63	8.6
T1	1.48	0.01145	0.35	42.55	24.68	16.68	8.9
T2	1.45	0.01478	0.92	34.56	20.05	13.83	8.9
T2	1.41	0.01465	0.93	36.68	21.28	15.09	9.2
T2	1.56	0.01824	0.88	35.58	20.64	13.23	8.5
T2	1.39	0.01732	0.86	37.85	21.95	15.79	8.6
T2	1.32	0.01569	0.87	38.56	22.37	16.94	8.8
T3	1.25	0.01032	0.63	27.75	16.10	12.88	8.5
T3	1.19	0.00969	0.69	29.35	17.02	14.31	8.8
T3	1.18	0.01254	0.62	29.86	17.32	14.68	8.9
T3	1.23	0.01237	0.72	33.69	19.54	15.89	9.2
T3	1.25	0.01458	0.67	31.12	18.05	14.44	9.1
T4	1.22	0.01297	0.78	37.23	21.60	17.70	8.7
T4	1.21	0.01198	0.82	32.32	18.75	15.49	8.8
T4	1.25	0.01398	0.72	32.69	18.96	15.17	9.2
T4	1.29	0.01421	0.75	31.58	18.32	14.20	9
T4	1.28	0.01025	0.78	34.25	19.87	15.52	8.8

T1 Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

T2 Stubble Digester Plus

T3 Volteo Periódico

T4 Testigo

CUADRO 19.1: Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 75 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999.

75 DIAS DE DESCOMPOSICION

Identificación	N %	P %	K %	M.O. %	C.O. %	C/N	pH
T1	1.45	0.01445	0.55	35.86	20.80	14.35	8.9
T1	1.48	0.01036	0.52	37.85	21.95	14.83	8.9
T1	1.38	0.01289	0.48	40.98	23.77	17.22	8.8
T1	1.39	0.01387	0.45	41.49	24.07	17.31	9
T1	1.41	0.01024	0.46	38.51	22.34	15.84	8.7
T2	1.46	0.00877	0.76	39.75	23.06	15.79	9.1
T2	1.5	0.01023	0.81	40.12	23.27	15.51	9.2
T2	1.43	0.0099	0.66	41.16	23.87	16.70	8.9
T2	1.42	0.00998	0.89	35.65	20.68	14.56	8.8
T2	1.48	0.00979	0.92	36.98	21.45	14.49	9.1
T3	1.12	0.00958	0.85	32.75	19.00	16.96	9.6
T3	1.14	0.00896	0.83	31.01	17.99	15.78	8.9
T3	1.25	0.00988	0.77	36.1	20.94	16.75	9.3
T3	1.25	0.01145	0.75	32.45	18.82	15.06	8.5
T3	1.19	0.01123	0.73	30.8	17.87	15.01	9.2
T4	1.5	0.00759	0.68	36.65	21.26	14.17	8.5
T4	1.5	0.00698	0.65	32.99	19.14	12.76	8.9
T4	1.36	0.00841	0.6	34.56	20.05	14.74	9.1
T4	1.65	0.00954	0.59	36.68	21.28	12.89	9.2
T4	1.15	0.00924	0.66	35.54	20.61	17.93	9.4

T1 Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

T2 Stubble Digester Plus

T3 Volteo Periódico

T4 Testigo

CUADRO 20A: Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 90 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999.

90 DIAS DE DESCOMPOSICION

Identificación	N %	P %	K %	M.O. %	C.O. %	C/N	pH
T1	1.86	0.01121	0.45	43.2	25.06	13.47	8.9
T1	1.95	0.01066	0.55	43.25	25.09	12.87	9.2
T1	1.82	0.01142	0.48	42.15	24.45	13.43	8.3
T1	1.71	0.00985	0.46	42.5	24.65	14.42	8.2
T1	1.89	0.01021	0.52	45.36	26.31	13.92	8.1
T2	1.56	0.01001	0.79	39.65	23.00	14.74	9.1
T2	1.46	0.01247	0.73	41.25	23.93	16.39	9
T2	1.42	0.01124	0.89	44.25	25.67	18.08	8.2
T2	1.45	0.01025	0.75	42.51	24.66	17.01	8.2
T2	1.39	0.00989	0.69	41.55	24.10	17.34	8.4
T3	1.56	0.00902	0.61	38.96	22.60	14.49	9.2
T3	1.49	0.01024	0.595	39.35	22.82	15.32	8.2
T3	1.47	0.00798	0.65	42.21	24.48	16.66	8.4
T3	1.69	0.01211	0.624	43.25	25.09	14.84	8.4
T3	1.52	0.01012	0.598	38.56	22.37	14.71	8.5
T4	1.5	0.00924	0.75	46.6	27.03	18.02	9.2
T4	1.42	0.01024	0.65	43.98	25.51	17.97	8.4
T4	1.43	0.01026	0.68	44.35	25.73	17.99	8.5
T4	1.56	0.00896	0.74	48.55	28.16	18.05	8.2
T4	1.48	0.00912	0.68	49.69	28.82	19.47	8.7

T1 Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

T2 Stubble Digester Plus

T3 Volteo Periódico

T4 Testigo

CUADRO 21A: Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 105 días después de iniciado el estudio, Amatillán 1999.

105 DIAS DE DESCOMPOSICION

Identificación	N %	P %	K %	M.O. %	C.O. %	C/N	pH
T1	1.72	0.0113	0.39	41.76	24.22	14.08	8.9
T1	1.65	0.011	0.46	38.95	22.59	13.69	8.3
T1	1.72	0.0102	0.45	42.25	24.51	14.25	8.4
T1	1.76	0.0102	0.41	42.56	24.69	14.03	8.5
T1	1.69	0.0095	0.43	40.27	23.36	13.82	8.4
T2	1.73	0.0103	0.72	37.89	21.98	12.70	8.1
T2	1.82	0.0101	0.63	38.69	22.44	12.33	9.2
T2	1.75	0.0096	0.66	42.85	24.85	14.20	8.4
T2	1.69	0.012	0.76	41.65	24.16	14.30	8.6
T2	1.74	0.0102	0.63	41.25	23.93	13.75	8.7
T3	1.41	0.0113	0.36	42.54	24.68	17.50	9.2
T3	1.48	0.0109	0.45	43.55	25.26	17.07	8.6
T3	1.44	0.0107	0.58	46.85	27.18	18.87	8.3
T3	1.42	0.0096	0.52	38.6	22.39	15.77	8.5
T3	1.49	0.01	0.56	37.69	21.86	14.67	8.4
T4	1.6	0.009	0.67	45.65	26.48	16.55	8.6
T4	1.53	0.0099	0.71	42.56	24.69	16.14	8.5
T4	1.49	0.0105	0.65	41.97	24.34	16.34	8.4
T4	1.59	0.0086	0.62	40.89	23.72	14.92	8.7
T4	1.57	0.0115	0.73	44.95	26.07	16.61	8.2

T1 Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

T2 Stubble Digester Plus

T3 Volteo Periódico

T4 Testigo

CUADRO 22A: Análisis químico de cada una de las modalidades estudiadas 120 días después de iniciado el estudio, Amatitlán 1999.

120 DIAS DE DESCOMPOSICION

Identificación	N %	P %	K %	M.O. %	C.O. %	C/N	pH
T1	1.94	0.0335	0.65	47.48	27.54	14.20	8.5
T1	1.67	0.0292	0.51	45.35	26.31	15.75	8.6
T1	1.92	0.0352	0.605	47.5	27.55	14.35	9
T1	1.76	0.0331	0.59	44.29	25.69	14.60	8.1
T1	1.98	0.0303	0.49	47.96	27.82	14.05	8.1
T2	1.49	0.0212	0.575	34.3	18.89	12.7	8.8
T2	1.59	0.0153	0.515	42.53	24.66	15.5	9.1
T2	1.56	0.0149	0.51	41.84	24.27	15.6	9.1
T2	1.59	0.0158	0.565	37.04	21.48	13.5	8.9
T2	1.67	0.017	0.78	37.73	21.88	13.1	8.8
T3	1.7	0.0185	0.63	48.7	28.24	16.6	9
T3	1.8	0.0201	0.86	46.64	27.05	15.03	8.9
T3	1.76	0.0164	0.73	47.33	27.45	15.59	8.6
T3	1.85	0.0148	0.49	46.64	27.05	14.62	8.8
T3	1.55	0.0152	0.545	33.61	19.49	12.58	8.9
T4	1.64	0.0152	1.055	39.58	22.96	14.1	8.8
T4	1.63	0.0163	1.055	45.96	26.66	16.3	8.3
T4	1.59	0.0161	0.92	43.21	25.06	15.76	8.2
T4	1.69	0.0136	1.125	36.35	21.08	12.5	8.4
T4	1.41	0.0137	0.86	39.1	22.68	16.1	8.6

T1 Coqueta roja (*Eisenia foetida*)

T2 Stubble Digester Plus

T3 Volteo Periódico

T4 Testigo

CUADRO 23A: Datos de Temperatura en grados Centígrados, lecturas realizadas cada semana luego de iniciado el experimento.

		CONTROL DE LA TEMPERATURA °C																			
Tiempo / Tratamiento	Repetición	Sem I	Sem II	Sem III	Sem IV	Sem V	Sem VI	Sem VII	Sem VIII	Sem IX	Sem X	Sem XI	Sem XII	Sem XIII	Sem XIV	Sem XV	Sem XVI				
Cosecha Roja (Eisenia foetida)	I	23	22	22	22	22.5	22.3	22	20	21.5	19.5	19	19.5	19	18.9	19	18.9	18.5			
	II	23	21.8	22	21	22	22	20	20.6	20.8	19.5	19	19	18.9	19	18.5	19	18.5	18		
	III	23	22.1	22	22	21	20.5	21.5	20	20	18.9	18.5	20	19.2	19.5	19	18.5	19	18.5		
	IV	22	21.2	21	21	20.8	20.4	19.5	18.9	21	18.9	20	19	18.5	20	19.2	19.5	19	18.5		
	V	22.5	22	20.5	22	20.5	21	20	21	20.3	19	19	18.5	18	17.9	18.5	17.9	18.5	17.9		
Degradador enzimático de rastros (Digestor plus)	I	24	21.9	21	23	21	22	21	21	20.5	22	21	19.5	21	20	19.5	19	18.5	19		
	II	26	23	21.5	22.3	21.5	21.8	21.3	20	20.8	21	20	20.5	21	20.5	20	19.5	20	19.5		
	III	23	22	20.5	22.2	22	21.5	19.5	18.9	20	20.5	20	20	19.5	20.9	21	20.5	21	20.5		
	IV	23	22.5	21.5	21.8	21.3	20	21	19	20.8	20	19.5	19.5	20	19.5	18.5	18.5	18.9	18.9		
	V	22.5	22	22.5	21.9	20.5	20.6	21.5	19.5	20.5	20.3	19.5	19.5	18.5	19	18.9	19.5	19.5	19.5		
Volteo periódico	I	23	22.4	22	24	24	23	20.5	21	21.8	21	20	19	19	19	19	19	18	18		
	II	23	21.7	22	22	23	21	20	20	20.5	20.5	19.5	18.5	18	18.5	18.5	18.5	18.5	18.9		
	III	23	23	22.5	22.4	21.5	20.8	21.9	19.6	20.5	20.5	20	21	20	19.5	19	19.5	19	19.2		
	IV	22	21.8	20.5	23	20.5	20.8	19.2	20.5	20	20	19	19	18.6	18	17.9	20.2	20.2	20.2		
	V	23	22.1	21	21	21	20	19.5	20	20.9	19.5	20	19.5	19	19.2	19	18.9	19	18.9		
Testigo	I	22	22.5	21	23	22	21.9	20.3	20	20.8	20.5	19.5	19	19.5	20	20	20.5	20.5	20.5		
	II	24	22.5	21	22.5	21.5	21.8	21.5	19.5	21.5	20.9	19.7	19.5	19.8	20.5	19.5	18.5	18.5	18.5		
	III	24	22.2	23	22	22.5	20.9	20.5	20.6	20.5	21.3	21	20.5	20	19.5	19	19.5	19	19.5		
	IV	22	23	21	22	20.9	20.7	19.6	18.9	19.8	19.5	20.5	21	20.5	20.5	21	21.5	21	21.5		
	V	23.5	21.9	21.5	23	20	20.6	19.8	19.5	20.7	19	20	20.5	20	21	20.6	20.6	20.6	19.5		



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE SISTEMAS PARA ACELERAR EL PROCESO DE DESCOMPOSICION DE LIRIO ACUATICO (Eichhornia crassipes) PARA LA PRODUCCION DE COMPOST".


DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: GIOVANNI FERNANDO GARCIA BARRIOS

CARNET No: 9510367

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Ervin Maxdelio Herrera de León
Ing. Agr. Edgar Amilcar Martínez Tambito
Inga. Agra. Mirna Lissette Ayala Lemus


El Asesor y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.


~~Ing. Agr. Rogelio René Gallardo Pérez~~
A S E S O R


Dr. Ariel Abderramán Ortiz
DIRECTOR DEL IIA.



I M P R I M A S E


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O



cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AO/prt.

APARTADO POSTAL 1545 § 01001 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: liusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>