

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

**Degradación Biológica de Desechos Orgánicos mediante el Uso de Miriápodos  
(Clase Diplopoda y Chilopoda) y lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*)**

**Informe de Tesis**

**Presentado por:**

**Sara Michelle Catalán Armas**

**Bióloga**

**Guatemala, Octubre de 2003**

**Degradación Biológica de Desechos Orgánicos mediante el Uso de Miriápodos  
(Clase Diplopoda y Chilopoda) y lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*)**

**Sara Michelle Catalán Armas**

**Bióloga**

**Guatemala, Octubre de 2003**

**Junta Directiva**  
**Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**

M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán	Decano
Licda. Jannette Sandoval Madrid de Cardona	Secretaria
Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo	Vocal I
Lic. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Dr. Federico Adolfo Ritcher Martínez	Vocal III
Br. Carlos Enrique Serrano	Vocal IV
Br. Claudia Lucía Roca Berreondo	Vocal V

# **ACTO QUE DEDICO**

A Dios quien me dio la vida, mi familia y amigos increíbles, tantas bendiciones y lecciones que he tenido que aprender.

A mi familia, quien toda la vida me ha apoyado incondicionalmente.

A mis amigos, que siempre se que podré contar con cada uno de ustedes en el momento que los necesite y si no los necesito, igual siempre están allí.

# AGRADECIMIENTOS

A mi mamá, porque la realización de la tesis no hubiera sido posible de no tener tan buena asistente de investigación y gracias por esa ayuda económica, el amor y el apoyo incondicional...

A mi papá por su paciencia y apoyo en cualquier momento que se necesitaba, por su amor, por toda la comprensión y confianza en lo que llevo de vida...

A mis 3 hermanos (la beba, Fabiola y Quiquirrinchi) por la paciencia y amor que me tienen.

A Mey y Rubén, sin sus colectas y amistad no se hubiera realizado la investigación.

A mis amigos quienes incondicionalmente me han dado su apoyo y amistad sincera: Heidly, Nela, Pepito, Fer, Machuca, Cacho, Eve, Monique, Tania, Pao, Huguito, Yorch, Maura, David, Byron, Moya, Miriam, Andrea, Rafú, Juliche, Flex, Chanxs, Claudio, Julio, Jeovany, Erick, Carlos, Rox, Anaité y algún otro que se me haya escapado que sabe que ocupa un lugar especial en mi vida... pero sobre todo gracias a la paciencia de los papás de cada uno, porque me abrieron la puerta de sus casas.

A José Daniel, porque por una apuesta o la razón que haya sido lograste que trabajara rápido y terminara la tesis para estar donde estoy ahora, pero sobre todo gracias por la paciencia, confianza y amistad.

A mis profesores, quienes me enseñaron a través de su docencia, laboratorios, investigaciones, giras de campo y prácticas que enriquecieron mi conocimiento y experiencia, pero sobre todo gracias por esa paciencia y amistad que se desarrolló con el tiempo.

Y a mi asesor, Ronald Morales porque a pesar de la distancia, seguiste apoyándome. Gracias.

# 1. INDICE

2. Resumen _____	8
3. Introducción _____	10
4. Antecedentes _____	12
4.1. Clase Chilopoda _____	12
4.2. Clase Diplopoda _____	13
4.3. Clase Oligochaeta _____	13
5. Justificación _____	18
6. Objetivos _____	19
7. Hipótesis _____	20
8. Materiales y Métodos _____	21
8.1. Materiales _____	21
8.2. Diseño Experimental _____	21
8.3. Método _____	22
8.4. Análisis Estadístico _____	23
9. Resultados _____	24
9.1. Análisis Estadístico _____	26
9.2. Gráficas _____	27
10. Discusión de Resultados _____	30
11. Conclusiones _____	34
12. Recomendaciones _____	35

13. Referencias	_____	36
14. Anexos	_____	37
14.1. Anexo 1	_____	38
14.2. Anexo 2	_____	39
14.3. Anexos 3	_____	60
14.4. Anexo 4	_____	61

## 2. RESUMEN

El aumento del volumen de desechos orgánicos es uno de los problemas más graves tanto a nivel nacional como internacional. En la ciudad de Guatemala se producen alrededor de 2,000 toneladas de desechos orgánicos e inorgánicos diariamente, los cuales son llevados a los depósitos municipales para su acumulación, donde mediante procesos naturales se produce la combustión de éstos con la consecuente producción de gases tóxicos que pueden ser causa de enfermedades para el humano y animales que viven en las áreas aledañas.

El objetivo principal fue el determinar la capacidad degradadora de desechos orgánicos de Miriápodos (Clase Diplopoda: *Julius sp.* y Clase Chilopoda: *Scholopendola sp.*) y Lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*).

Los objetivos específicos fueron los de determinar en qué tipo de sustrato orgánico (animal, vegetal o mezcla) la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) presenta una mayor capacidad degradadora y en qué tipo de sustrato orgánico (animal, vegetal o mezcla) los Miriápodos (Clase Diplopoda y Chilopoda) presentan una mayor capacidad degradadora.

La importancia del estudio radica en la utilización de estos organismos, procurando causar el menor impacto en el ambiente para poder minimizar el daño que causa la acumulación de basura. El método utilizado se planteó con base en costos mínimos, y de una fácil aplicación en caso las municipalidades quisieran implementarlo.

Se colocaron 7 y 30 individuos de c/organismo (miriápodos y lombrices respectivamente) en cajas de cemento separadas para cada tipo de organismo. A éstas se le agregaron 400g en el caso de lombrices y 200g en el caso de miriápodos, de cada tipo de sustrato, animal y vegetal y uno compuesto por mezcla en igual cantidad de sustrato animal y vegetal (50:50), cada tratamiento se realizó en triplicado. Semanalmente se obtuvo la cantidad de desecho degradado mediante el cálculo de pérdida de peso de cada sustrato [volumen total de sustrato reducido = peso inicial (grs.) – peso final (grs.)], también se realizó el conteo de organismos, muertos y reproducidos.

Para cada tratamiento se trató de mantener constante el número de organismos ( 7 para cada clase de miriápodos y 30 para lombriz ) y la humedad relativa de cada sustrato (80-95%). Si se registraba la muerte de alguno de los organismos, éste era reemplazado, y si la humedad se reducía



o aumentaba fuera del rango se agregaba agua (sin cloro) o se secaba el sustrato, sin embargo era registrada diariamente.

Las cajas experimentales fueron cubiertas con tul para evitar la oviposición de mosca y su proliferación así como la proliferación de otros microorganismos, reduciendo el posible efecto de variables externas al experimento.

Diferencias en la cantidad de cada desecho degradado por cada organismo fue evaluada mediante ANOVA de dos vías, con un  $\alpha = 0.05$  y 2 y 8 grados de libertad.

Los tratamientos se nombraron de la siguiente manera:  $A_1$ = sustrato animal / ciempiés,  $A_2$ = sustrato vegetal / ciempiés,  $A_3$ = mezcla de sustratos / ciempiés,  $B_1$ = sustrato animal / milpiés,  $B_2$ = sustrato vegetal / milpiés,  $B_3$ = mezcla de sustratos / milpiés,  $C_1$ = sustrato animal / lombriz,  $C_2$ = sustrato vegetal / lombriz,  $C_3$ = mezcla de sustratos / lombriz

Las cifras con las que se trabajaron es el promedio de cada una de las réplicas en el caso de los tratamientos, en el caso de la humedad relativa (%) es el promedio tomado durante el experimento (30 días). Ocurre degradación biológica por miriápodos *Julius sp.* y *Scholopendola sp.* y lombriz coqueta roja.

Las lombrices (*Eisenia foetida sav.*), los milpiés (*Julius sp.*) y ciempiés (*Scholopendola sp.*) se ven afectadas por cambios físicos como los provocados por la luz, la humedad.

Según las observaciones realizadas, el tipo de sustrato en donde se produjo la mayor degradación por individuo fue en el compuesto tanto por desecho vegetal como por animal (mezcla de sustratos).

### 3. INTRODUCCIÓN

El aumento del volumen de desechos orgánicos es uno de los problemas mas graves tanto a nivel nacional como internacional. La acumulación de éstos aunada a la insuficiencia de depósitos municipales para el tratamiento de los desechos orgánicos provoca la creación de basureros clandestinos, provocando una fuente de contaminación visual y ambiental, producción de olores fétidos, y otros efectos dañinos para la salud humana,.

Los miriápodos son artrópodos terrestres que viven en la hojarasca y debajo de rocas, troncos y cortezas. Todos tienen troncos largos con bastantes segmentos y apéndices. (Barnes, 1990), la Clase Chilopoda, conocidos como ciempiés son talvez los más comunes de estos artrópodos, poseen un par de apéndices por segmento; la Clase Diplopoda conocidos como milpiés, son animales de hábitos sigilosos, que huyen de la luz. Uno de los aspectos más notables de esta clase es que presentan segmentos troncales dobles o diplosegmentos.

La lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) perteneciente al Phylum Anelida, son un grupo de organismos que se encuentran debajo de la tierra, de hábitos carroñeros y que necesitan de mucha humedad y poca luz para poder sobrevivir.

Diversos estudios se han realizado acerca los organismos pluricelulares como degradadores biológicos. Mitchell y otros han realizado diversos estudios acerca de las lombrices de tierra y otros organismos, encontramos: “Una simulación del modelo del crecimiento y dinámica poblacional de la lombriz de tierra: aplicación de la conversión en desperdicio orgánico “(1982), “Relación funcional de macroinvertebrados en sistemas heterotróficos con énfasis en la descomposición de desechos en alcantarillas” (1979); “El rol de la lombriz de tierra, *Eisenia foetida*, afectando la descomposición de materia orgánica en microcosmos de variaciones de desechos de tierra” (1982), “Dinámica de las comunidades de protozoarios y metazoarios en una escala completa de planta de tratamiento de aguas rotando contactores biológicos” (Cereceda, et al., 2001), entre otros.

Una posible alternativa para el manejo de desechos orgánicos, sin producir daños colaterales al ambiente y los habitantes que viven a los alrededores de los depósitos de basura y a las personas que trabajan en los depósitos., puede ser la utilización de miriápodos (Clase Diplopoda y Chilopoda) y lombriz coqueta roja que podrían degradar dichos desechos, reduciendo de este modo el volumen de la misma y los daños colaterales de su descontrolada acumulación.

Para la solución de este problema es necesario que se realicen estudios de todo tipo que logren acabar con ésto, ya sea a largo o a corto plazo, sin producir daños laterales o paralelos a ello.

Es importante tomar en cuenta a organismos que podrían degradar esta basura, reduciendo de este modo el volumen de la misma.

En el presente estudio se evaluó el uso de miriápodos y lombriz coqueta roja, comúnmente encontrados en los depósitos de desechos, como degradadores de desechos orgánicos de origen animal y vegetal.

Este es el caso de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) y de los miriápodos (Clase Diplopoda y Chilopoda), ya que es necesario que al solucionar este problema no se provoque más daño al ambiente, sea factible, económico y a la vez, que permita obtener múltiples beneficios.

Por ello es que es importante determinar la capacidad degradadora de desechos orgánicos por Miriápodos (Clase Diplopoda y Chilopoda) y Lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*).

## 4. ANTECEDENTES

### MIRIAPODOS

Son artrópodos terrestres que viven en la hojarasca y debajo de rocas, troncos y cortezas. Todos tienen troncos largos con bastantes segmentos y apéndices (Barnes, 1990).

#### 4.1. Clase Chilopoda

Conocidos como ciempiés son tal vez los más comunes de estos artrópodos.

Poseen un par de apéndices por segmento. La mayor parte son depredadores y se alimentan de artrópodos pequeños. Estos artrópodos tienen una forcípula llamada “uña venenosa”, que en realidad son los apéndices del primer segmento del tronco, que les sirve como sistema de defensa (Barnes, 1990).

El cuerpo de los ciempiés se divide en segmentos bien diferenciados, cuyo número va de 12 a más de 100. La cabeza, que va protegida por encima por un escudo plano, lleva un par de antenas, por lo general de considerable longitud y formadas por un número de articulaciones que varía de 12 a más de 100; un par de mandíbulas pequeñas, fuertes e hirsutas; y un par de mandíbulas inferiores, normalmente con palpos. Los siguientes apéndices son similares a extremidades y van seguidos de un par de patas modificadas que terminan en una uña afilada en la que se abre una glándula venenosa (Barnes, 1990).

Los ciempiés son de hábitos nocturnos y se ocultan bajo rocas y troncos durante el día. Son todos carnívoros. Un género tiene descendientes vivos; los otros ponen huevos.

Son cuatro los órdenes de ciempiés: *Scutigermorpha*, *Lithobiomorpha*, *Scolopendromorpha* y *Geophilomorphidae* (Barnes, 1990). En este caso se trabajó con organismos del orden *Scolopendromorpha*.

## 4.2. Clase Diplopoda

Conocidos como milpiés. Estos son animales de hábitos sigilosos, que huyen de la luz, viven debajo de rocas, hojas, cortezas, troncos o debajo de suelo.

Una de los aspectos más notables de esta clase es que presentan segmentos troncales dobles o diplosegmentos, que se derivan de la fusión de dos somitos originalmente separados. Cada diplosegmento tiene dos pares de patas, de lo cual se deriva el nombre de la clase. Su longitud oscila entre 0.2 y 23 cm. Los milpiés tienen una capa protectora dura de calcio que contiene quitina (excepto en algunas especies de pequeño tamaño), dos ojos simples, un par de mandíbulas, dos antenas cortas, y, en la mayoría de las especies, unas glándulas hediondas con secreciones que repelen o matan a los depredadores de los insectos. Cuando el animal está atemorizado, utiliza otra estrategia protectora que consiste en enrollarse sobre sí mismo formando una espiral o una pelota. Se desarrollan mediante mudas y pueden vivir de uno a siete años (Barnes, 1990).

La mayor parte de milpiés son herbívoros y se alimentan de materia vegetal en descomposición, por lo general humedecen el alimento con secreciones, lo mastican o lo raspan con las mandíbulas (Barnes, 1990).

En lo que respecta a trabajos con miriápodos, han sido pocos o ninguno los que se han realizado en este campo, en Guatemala Emanuel Agreda estudia su comportamiento, y biología en general, así como también la taxonomía de estos artrópodos.

## 4.3. Clase Oligochaeta:

Esta clase contiene unas 3,100 especies de anélidos, incluyendo las conocidas lombrices de tierra y algunas dulce acuícolas.

### LOMBRIZ DE TIERRA

Nombre que se aplica a más de 1.000 especies de gusanos. La lombriz de tierra tiene un cuerpo cilíndrico ahusado y segmentado. Presenta diminutas cerdas llamadas setas. Aunque existen

diferencias de tono entre las partes superior e inferior del cuerpo, y entre diferentes partes de éste, las lombrices de tierra son en general de color uniforme, casi siempre rojo pálido, pero que puede variar del rosa mate al castaño. Muchas especies alcanzan una longitud de unos pocos centímetros, pero ciertas especies tropicales llegan a medir hasta 3.3 m de longitud (Barnes, 1990).

## **ECOLOGIA**

Existen diez familias de lombrices de tierra. Los suelos ricos en materia orgánica, o que por lo menos cuentan con una capa superficial de humus, mantienen las mayores faunas de gusanos, aunque también intervienen otros factores edáficos en la distribución de las especies terrestres. Los suelos ácidos son hábitat favorables para casi todas las lombrices de tierra (Barnes, 1990).

Las actividades de las lombrices de tierra son benéficas para el suelo. Las extensas galerías mejoran el drenaje y la aireación del suelo, aunque es más importante aún el efecto de mezcla y recombinación del suelo. El suelo de capas profundas llega a la superficie en forma de deyecciones, mientras que la materia orgánica pasa a niveles inferiores (Barnes, 1990).

## **NUTRICION**

La mayor parte de estas especies son carroñeras y se alimentan de materia orgánica muerta, sobre todo de origen vegetal. Se nutren con la materia en descomposición de la superficie del suelo. También utilizan materia orgánica extraída del lodo o suelo que ingieren al ir excavando.

## **COMPORTAMIENTO**

Las lombrices de tierra necesitan vivir en suelo húmedo que contenga materia orgánica. Suelen vivir en las capas superiores, pero en invierno se entierran más para escapar de las heladas. Cuando el clima es muy caluroso, hacen lo mismo para evitar la deshidratación. Las lombrices de tierra rehuyen la luz del día, pero con frecuencia salen a la superficie durante la noche para alimentarse y expulsar su detritus. Durante el día sólo salen a la superficie en circunstancias excepcionales, como cuando se inundan sus galerías en caso de lluvias torrenciales (Barnes, 1990).

Las lombrices de tierra se entierran con considerable rapidez, de forma especial en suelos sueltos;

las cerdas que tienen a los lados del cuerpo les sirven de gran ayuda en sus movimientos (Barnes, 1990).

### **ESTRUCTURA Y CICLO VITAL**

El sistema muscular de la lombriz de tierra consiste en una serie de fibras externas circulares o transversas de músculo, que rodean el cuerpo, y una serie interna de fibras musculares longitudinales que sirven para mover las cerdas. El aparato circulatorio está formado por un vaso sanguíneo dorsal prominente y cuando menos cuatro vasos sanguíneos ventrales, que recorren de forma longitudinal el cuerpo y están conectados entre sí a intervalos regulares por medio de una serie de vasos transversales. El vaso dorsal está equipado con válvulas y es el verdadero corazón. No obstante, el bombeo de la sangre se produce sobre todo por movimientos musculares generales. El sistema nervioso central consiste en un par de ganglios suprafaríngeos, generalmente llamados cerebro, y un cordón ventral que pasa debajo del canal alimentario con ganglios en cada segmento. Las lombrices de tierra carecen de órganos sensoriales aparte de los del tacto. El aparato digestivo está formado por una faringe musculosa, un delgado esófago, un buche o receptáculo de comida de paredes delgadas, una molleja muscular empleada para moler la tierra ingerida y un intestino largo y recto (Barnes, 1990).

Las lombrices de tierra son hermafroditas, es decir, cada individuo dispone de órganos reproductores tanto masculinos como femeninos. Suele producirse una fecundación cruzada mutua (Barnes, 1990).

### **Clasificación de la Lombriz Coqueta Roja**

- |           |                             |                |
|-----------|-----------------------------|----------------|
| □ Filum   | Anelida                     |                |
| □ Clase   | Oligochaeta                 |                |
| □ Orden   | Haplotaxida                 |                |
| □ Familia | Lumbricidae                 |                |
| □ Género  | Eisenia                     |                |
| □ Especie | <i>Eisenia foetida sav.</i> | (Barnes, 1990) |

## LOMBRICULTURA

El uso de las lombrices para el manejo de desechos es más antiguo de lo que pudiera esperarse. Desde 1881 que Carlos Darwin publicó su libro “La Producción de Humus por la Lombriz de Tierra”, sin embargo, es hasta los años 50, donde los primeros criadores intensivos de lombrices surgieron en Estados Unidos. Actualmente las especies más utilizadas para la lombricultura son: *Eisenia foetida*, *Lombicus rubellus*, y *Rojo híbrido* (Fercuzzi, 1986).

### Lombriz Coqueta Roja (*Eisenia foetida sav*)

La lombriz coqueta roja es una de las 1600 especies de lombrices que existen en el mundo. Es el resultado del cruce entre la lombriz de tierra (*Lombicus terrestris*) y la lombriz mal oliente (*Heliodorus foetidus*). Es una especie saprófaga, vive normalmente en zonas de clima templado. Su temperatura corporal esta normalmente entre los 19 y 20°C (Fercuzzi, 1986).

Mide entre 0 y 12 cm., y tiene un diámetro de 3 a 5 mm. Es de color rojo oscuro, respira a través de la piel y no tiene dientes El clitelium se sitúa en el primer tercio del cuerpo y este solo se puede ver en las lombrices adultas. Para comer, la lombriz chupa comida a través de su boca. Esta dotada de sistema circulatorio, nervioso y muscular (este último muy desarrollado) (Fercuzzi, 1986).

### Explotación de la coqueta roja

La lombriz coqueta roja resulta atractiva para su uso debido a 3 factores principales:

- Longevidad: Viven hasta unos 16 años
- Prolificidad: Una sola lombriz puede llegar a producir hasta 1500 lombrices anualmente.

Deyecciones: Produce abono orgánico con una flora bacteriana abundante (Fercuzzi, 1986).



La coqueta roja es usada también por que tiene la capacidad de neutralizar la materia ingerida, expulsando el desecho con un pH cercano a 7, quedando óptimo para todos los cultivos. El excremento que expulsa está fuertemente enriquecido con microorganismos que siguen descomponiendo la materia que pudiera quedar.

Otro efecto importante es el mejoramiento de la estructura de los suelos, que garantiza mejor aireación y retención del agua (Mansilla, 1995).

Se ha generado gran cantidad de información con respecto al trabajo de degradación biológica que realizan estos y otros organismos. Algunos de los estudios realizados, con estos organismos son los realizados por Mitchell y otros, a saber: El rol de la lombriz de tierra, *Eisenia foetida*, afectando la descomposición de materia orgánica en microcosmos de variaciones de desechos de tierra (1982), Descomposición de desechos de alcantarillas en las partes bajas del océano secas y el rol del potencial de la lombriz de tierra (Mitchell, Hornor y Abrams, 1980).

Crecimiento de la lombriz de tierra *Eisenia foetida* en relación a al densidad poblacional y la racionalización de comida (Neuhauser, et al., 1980).

## 5. JUSTIFICACIÓN

El aumento del volumen de desechos orgánicos es uno de los problemas mas graves tanto a nivel nacional como internacional. En la ciudad de Guatemala se producen alrededor de 2,000 toneladas de desechos orgánicos e inorgánicos diariamente, los cuales son llevados a los depósitos municipales para su acumulación, donde mediante procesos naturales se produce la combustión de éstos con la consecuente producción de gases tóxicos que pueden ser causa de enfermedades para el humano y animales que viven en las áreas aledañas.

Como una solución al problema de la acumulación de desechos orgánicos se ha considerado el uso de Miriápodos (Diplopoda y Chilopoda) así como también el de la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) que normalmente se encuentran en estos hábitats naturales para aprovecharlos como degradadores biológicos.

## 6. OBJETIVOS

### 7.1. General

- Determinar la capacidad degradadora de desechos orgánicos de Miriápodos (Clase Diplopoda y Chilopoda). y Lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*).

### 7.2. Específicos

- Determinar en qué tipo de sustrato orgánico (animal, vegetal o mezcla) la lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) presenta una mayor capacidad degradadora.
- Determinar en qué tipo de sustrato orgánico (animal, vegetal o mezcla) los Miriápodos (Clase Diplopoda y Chilopoda) presentan una mayor capacidad degradadora.
- Determinar qué género de Miriápodos presenta una mayor capacidad degradadora.

## 7. HIPÓTESIS

Los Miriápodos (Clase Diplopoda: *Julius sp.* y Clase Chilopoda: *Scolopendola sp.*) y lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) poseen capacidad degradadora de desechos orgánicos.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

Universo: lombriz coqueta roja, ciempiés y milpiés.

Muestra: sustrato vegetal, animal y mezcla de ambos.

### 8.1. Materiales

- 54 recipientes o contenedores de cemento
- 80 libras de desechos orgánicos vegetales
- 80 libras de desechos orgánicos animales
- 4 librerías metálicas
- 100 litros agua
- miriápodos
- lombrices
- 12 yardas de tul
- guantes de hule
- mascarilla
- balanza
- bolsas plásticas
- termómetro
- higrómetro
- cámara fotográfica
- libreta de campo
- slides

### 8.2. Diseño experimental:

Para evaluar la degradación de desechos sólidos orgánicos mediante el uso de miriápodos y lombriz (coqueta roja), se colocaron los organismos dentro de recipientes de cemento, conteniendo cada uno de los tipos de sustrato a evaluar, animal, vegetal y mezcla de estos. Diseño completamente al azar.

- **Tratamientos**
  - Tipo de sustrato: se analizaron 3 sustratos animal, vegetal y mezcla de ambos (50-50%).
  - Tipo de organismo: se realizó una encuesta para utilizar los géneros de miriápodos que se encuentran en los depósitos municipales de basura, lombrices (coqueta roja). (Ver anexos 1)

- **Replicaciones**

Se realizaron 3 réplicas en cada uno de los tratamientos.

- **Unidad experimental**

Cada recipiente de cemento.

- **Variable de respuesta**

Reducción de la cantidad de volumen de sustrato =  $\text{Cantidad de materia degradada} \text{ ó } \text{Vol. final} - \text{Vol. inicial} / \text{tiempo}$ .

Cantidad de materia degradada: determinada mediante el peso de los productos de degradación ó número de “bolitas” (miriápodos).

### **8.3. Método**

Para determinar si la degradación de sustratos por parte de la lombriz coqueta roja y 2 géneros de miriápodos varía según el sustrato al que son sometidos, se realizó el siguiente experimento, a saber:

Para determinar si ocurre degradación biológica se contaron las “bolitas” producidas por los organismos en una semana (cantidad de materia degradada/1 semana); como se dificultó el conteo de “bolitas” producido por los organismos, se midió la cantidad de volumen que se redujo el sustrato en un tiempo ( $\text{volumen total de sustrato reducido} = \text{Vol. final} - \text{Vol. inicial} / 1 \text{ semana}$ ). Se observó periódicamente para verificar el proceso y a la vez para agregar agua al sustrato, ya que ambos organismos necesitan que los mismos tengan cierto grado de humedad para poder mantenerse en condiciones óptimas y desarrollar un mejor trabajo.

Al inicio se determinó el número de organismos que se introdujeron a las cajas, ya que en el tiempo que duró el experimento, se murieron y se reprodujeron los mismos, y así posteriormente determinar si esto afecta la degradación en cada uno de los sustratos en donde sucedió esto, en el caso de muerte de los individuos se reemplazaron los mismos para que las condiciones siguieran siendo las similares en cada uno de los tratamientos y sus réplicas. Se midió diariamente con higrómetro la

humedad relativa de cada uno de los contenedores de cemento, para poder determinar si existe relación entre los organismos y esta variable física.

Se inició colocando los contenedores de cemento sobre librerías metálicas, aislándolas con tul para evitar que organismos como moscas, zancudos, etc. colocaran sus huevos en el interior de los contenedores e interfiera con el experimento (Catalán, 2000), se etiquetaron debidamente, junto con sus 3 réplicas, tanto para lombrices como para miriápodos.

Se pesaron los diversos sustratos (440g en el caso de lombrices y 200g en el caso de miriápodos) y se agregaron a cada uno de los contenedores correspondientes.

Se realizaron observaciones 1 vez por semana a las unidades experimentales, haciendo conteo de organismos en todas las cajas, y anotando el avance y características del sustrato, así mismo se pesaron los sustratos, para determinar si ocurrió o no una degradación biológica, esto por diferencia de pesos de la cantidad de sustrato.

El número de organismos que se sometieron fue de 30 en el caso de las lombrices y de 7 en el de ciempiés y milpiés.

Inicialmente se obtuvieron lombrices de un cultivo de pulpa de café, se introdujeron en las cajas con hojarasca y sustratos respectivamente en cada tratamiento ( $C_1$ = sustrato animal,  $C_2$ = sustrato vegetal y  $C_3$ = mezcla de sustratos) y sus réplicas.

Se trituró la basura manualmente en pedazos pequeños, para una “mejor y fácil degradación.”

#### **8.4. Análisis estadístico:**

Diferencias en la cantidad de cada desecho degradado por cada organismo fue evaluada mediante ANOVA (Análisis de Varianza) dos vías, siendo las dos fuentes de variación el tipo de organismo y el tipo de sustrato al cual fueron sometidos.

## 9. RESULTADOS

### Identificación de Tratamientos

A<sub>1</sub>= sustrato animal / ciempiés

A<sub>2</sub>= sustrato vegetal / ciempiés

A<sub>3</sub>= mezcla de sustratos / ciempiés

B<sub>1</sub>= sustrato animal / milpiés

B<sub>2</sub>= sustrato vegetal / milpiés

B<sub>3</sub>= mezcla de sustratos / milpiés

C<sub>1</sub>= sustrato animal / lombriz

C<sub>2</sub>= sustrato vegetal / lombriz

C<sub>3</sub>= mezcla de sustratos / lombriz

\*no olvidar que cada uno de los tratamientos se encuentra replicado 3 veces, numeradas de la siguiente manera 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3 con su respectiva literal.

Existe un contenedor control para cada uno de los tratamientos.

### Resumen de los datos obtenidos

Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Gramos degradados	Humedad Relativa (%)	Tabla de vida (# individuos vivos al final)
<b>A1</b>	200g	110g	90	83.30	1
<b>A2</b>	200g	109g	91	85.72	4
<b>A3</b>	200g	145g	55	82.63	3
<b>B1</b>	200g	116.67	83.33	83.19	4
<b>B2</b>	200g	105.67g	94.33	83.62	4
<b>B3</b>	200g	118.33g	81.67	80.17	4
<b>C1</b>	400g	286.67g	113.33	84.92	0
<b>C2</b>	400g	305g	95	84.5	6
<b>C3</b>	400g	113.33g	286.67	84.63	17

Tabla 1

Las cifras colocadas en el cuadro es el promedio de cada una de las réplicas en el caso de los tratamientos, en el caso de la humedad relativa (%) es el promedio tomado durante el experimento



(30días). Cabe mencionar que la humedad no es la del ambiente sino la que se encontraba en cada uno de los recipientes (tratamiento/réplica).

Si no se encontraba la humedad en un rango de 80-95 según fuese el caso se agregaba agua para alcanzar la humedad deseada o se secaba el sustrato.

Los pesos de los sustratos son secos, tanto el inicial como el peso final, si no tenían la misma humedad que al inicio, estos eran secados al sol o en microondas hasta alcanzar esa misma humedad.

El número de individuos colocados dentro de cada sustrato varían (30 en el tratamiento de lombrices y 7 en el de ciempiés y milpiés), no así por tratamiento y sus réplicas.

Los sustratos eran pesados cada 8 días, obteniendo un total de 4 mediciones en 30 días (1 mes). En anexos 2 se encuentran los resultados descritos para cada uno de los tratamientos trabajados.

### 9.1. Análisis Estadístico:

ANOVA de dos factores:

#### **Decisión Estadística:**

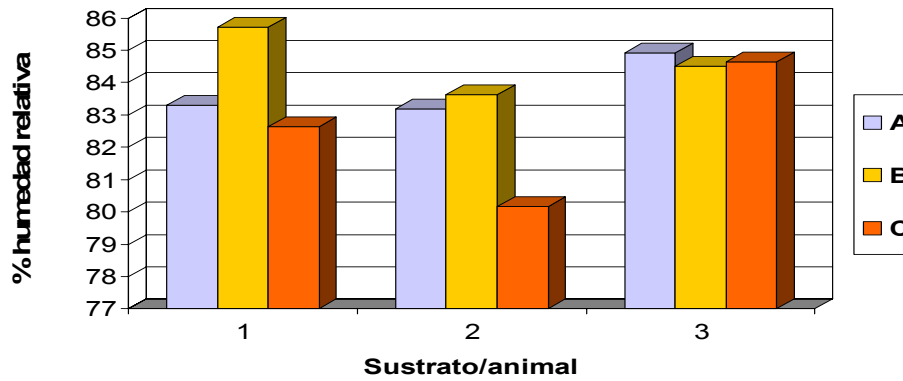
Para el valor crítico de F con 2 y 8 grados de libertad y  $\alpha = 0.05$  es 6.944 Puesto que el estadístico de prueba es menor que el valor crítico de F, la hipótesis nula no se rechaza.

Con un  $P = 0.337261713$

$1.4438 < 6.9944$ ,  $H_0$  no se rechaza.

## 9.2. Gráficas

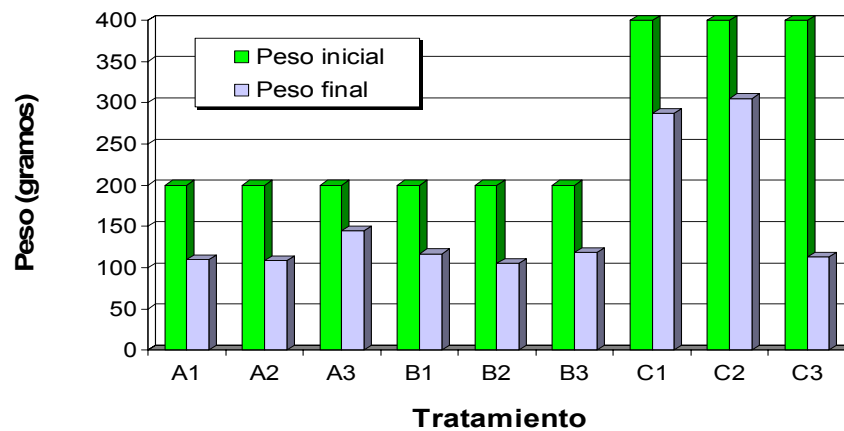
### Humedad Relativa vrs. Sustrato/animal



**Gráfica 1**

A = sustrato/ciempíes, B = sustrato/milpiés y C = sustrato/ lombriz. 1. sustrato animal, 2. sustrato vegetal y 3. mezcla de sustratos. Esta gráfica muestra la relación entre la humedad relativa y el tratamiento. Se observa que la humedad se mantiene estable en la mezcla de sustratos, sin embargo varía en el sustrato vegetal y en el animal.

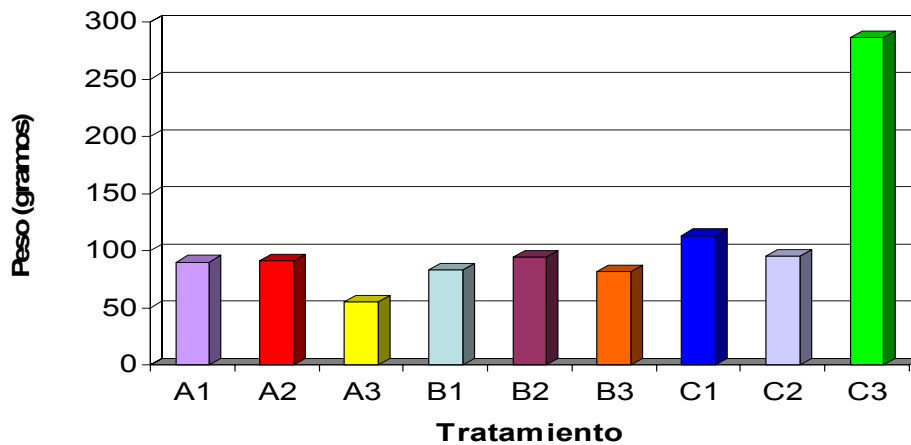
### Peso inicial vrs. Peso final



**Gráfica 2**

Observamos la diferencia de pesos por tratamiento, siendo menor en el tratamiento A3 y C2, estable en los tratamientos A1, A2, B1, B2, B3 y C1, y la mayor ocurre en el tratamiento C3.

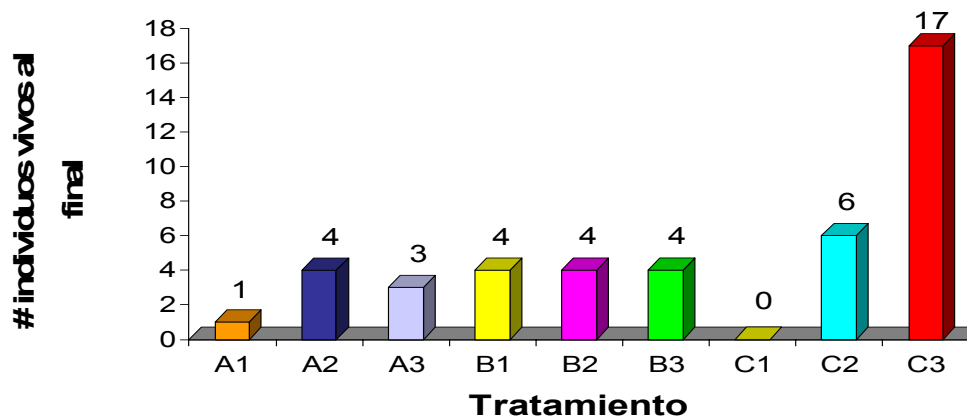
### Gramos degradados por Tratamiento



Gráfica 3

Se observa que la mayor degradación ocurre en el tratamiento C3 y la menor en el tratamiento A3 y C2. Es decir que las lombrices en la mezcla de sustratos es la menor combinación para que ocurra una mejor degradación.

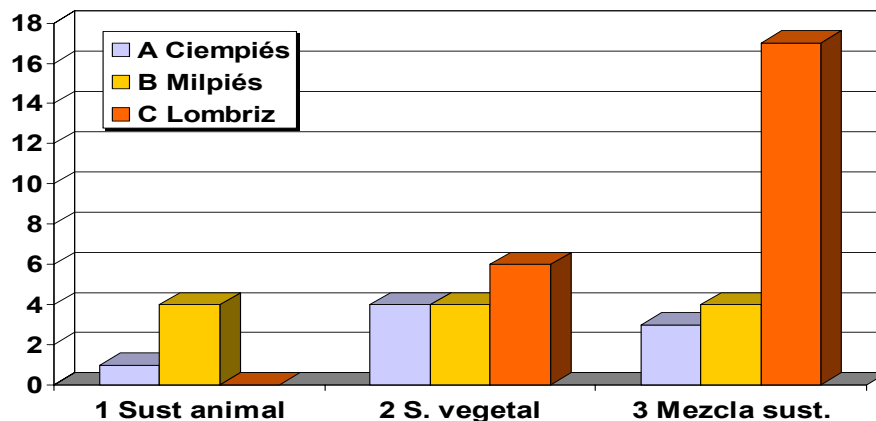
### Tabla de vida (número de individuos vivos al final) / tratamiento



Gráfica 4

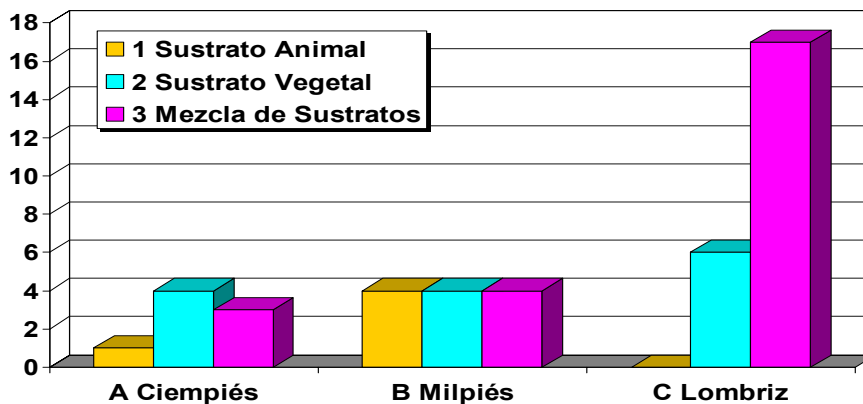
La relación entre individuos vivos al final/ por tratamiento fue mayor siempre en el tratamiento C3, sin embargo no se cumple para los tratamientos C1 y el A1.

## Tabla de vida (número de individuos vivos al final) / tratamiento



**Gráfica 4-a** Observemos el comportamiento de los individuos vivos al final del tratamiento, en función del sustrato al cual fueron sometidos

## Tabla de vida (número de individuos vivos al final) / tratamiento



**Gráfica 4-b** En esta gráfica observamos el número de individuos vivos (ciempiés, milpiés, lombriz) al final del tratamiento, en relación al sustrato al cual fueron sometidos. En el caso del ciempiés, la mayor sobrevivencia fue con sustrato vegetal, para el milpiés fue indiferente el tipo de sustrato utilizado y para la lombriz la mayor sobrevivencia se alcanzó con la mezcla de sustratos.

# 10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## **Humedad:**

Esta se tomaba cada 3 días, debía permanecer por arriba de 80% de humedad relativa. Esto lo indica el higrómetro, que se introducía en el contenedor y se tomaba el valor al estabilizarse la aguja y así en cada uno de los contenedores.

En caso de que la humedad relativa estuviera más baja que 80%, según sea el caso se le agrega agua purificada (de ningún otro tipo de agua), esto con el fin de que el cloro que se encuentra en la tubería pública no dañara al sustrato y a los individuos. La humedad no debía pasar de 95%. Debido a que en observaciones anteriores se notó que los organismos pueden morir por hidratación o por deshidratación.

## **Peso:**

Cuando se tomaba el peso del sustrato era importante que este no estuviera húmedo, ya que el peso inicial se tomó seco. Si éste hubiese sido el caso, se eliminaba el agua del sustrato, luego de haber extraído a los individuos y colocarlos en otro contenedor.

Descripción de las alternativas para secar el sustrato:

1. Colocar al sol el contenedor con el sustrato (sin los organismos dentro).
2. Secar en microondas, solamente 30 segundos (sin los organismos dentro).

Luego de secar el sustrato se medía de nuevo la humedad para ver si tenía la misma que la inicial, luego se colocaba en la balanza y se anotaba el número que indicaba.

Posteriormente se devolvía el sustrato pesado al contenedor original y se devolvían los organismos, con el cuidado de reestablecer siempre la humedad (arriba de 80%).

La medida de pesos se realizaba con una frecuencia de 8 días (cada semana).

**Tratamientos:**

Con respecto a lo ocurrido en cada uno de los tratamientos, podemos observar la Tabla 1, que nos hace una comparación con cada una de las variables estudiadas.

En la Gráfica 1 notamos que la humedad relativa por sustrato: en el sustrato animal tiene variaciones al igual que en el sustrato vegetal. Sin embargo en la mezcla de sustratos la humedad permaneció más estable durante todo el experimento en los 3 tratamientos.

En cuanto a la diferencia de pesos por tratamiento, mostrados en la gráfica 2, notamos que el tratamiento A3 y C2 casi no disminuyeron en relación al peso inicial, esto pudo deberse a en el caso de la A3 a la alta humedad, esto trajo consigo que el sustrato se humedeciera y saliera moho, por lo que es posible que los organismos no gusten de un sustrato con tales características que los organismos degradaron mayor cantidad de sustrato animal que vegetal de la mezcla de sustratos y a la baja sobrevivencia de organismo en dicho sustrato (3:7). El tratamiento C2, donde ocurrió la misma situación, el sustrato se humedeció mucho y salió moho en él, adicionalmente la tasa de sobrevivencia de los individuos fue de 6:30 (Ver gráfica 5).

En los tratamientos A1, A2, B1 B2, B3, C1 ocurre una diferencia de pesos más o menos parecida y en el caso del tratamiento C3 el peso final es el mayor: 113.33g de 400g iniciales, y en este caso la tasa de sobrevivencia de los individuos fue la más alta 17:30.

La grafica 3 nos da un mejor panorama acerca de los gramos degradados en cada uno de los tratamientos. Como se mencionó anteriormente la mayor degradación en relación al peso inicial fue en el tratamiento C3 de 286.67 gramos degradados luego el sustrato B3 donde se degradaron 81.67g de 200g iniciales y la menor degradación ocurre en el sustrato A3 (solamente 55g de 200g iniciales).

En general ocurre mayor degradación en los tratamientos que poseen lombrices y milpiés con sus respectivos tratamientos (B1, B2, B3, C1, C2 Y C3).

Observemos la relación entre el número de individuos vivos al final y la cantidad de gramos degradados, esta fue mayor siempre en el tratamiento C3. Sin embargo, no se cumple para los tratamientos C1 que degrada 113.33gramos y es el tratamiento que menos favoreció la sobrevivencia de los individuos -0 organismos vivos al final- (ver gráfica 4, 4a y 4b), a igual que en el tratamiento A1 (2 vivos y 90gramos degradados de 200g iniciales).

Según los datos obtenidos a lo largo de este experimento, podemos inferir varias cosas, entre las que podemos notar claramente que de los tres tratamientos utilizados el que mayor reducción de volumen obtuvo por medio de la lombriz coqueta roja fue el sustrato C<sub>3</sub>, sin embargo podemos notar claramente que los sus tratos A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub>, se redujeron en volumen.

En un experimento anterior (Catalán, 2001) se observó, que es probable que las larvas de la mosca participen en el proceso de degradación de los desechos, ya que en el sustrato animal disminuyó el volumen, y se observa que el aumento de las larvas de la mosca es directamente proporcional a la disminución del sustrato en cada una de las cajas haciendo notar que en este caso no se cubrieron los contenedores con tul, sino que quedaron expuestos al ambiente y con ello a los organismos que se encuentren en él. Esto también se notó claramente en el tratamiento con mezcla de sustratos y cada una de sus réplicas, ya que el sustrato vegetal disminuyó al inicio cuando todavía no habían larvas de moscas, y el sustrato animal iba reduciéndose en volumen más despacio, y al aparecer las larvas de la mosca este empezó a reducirse en volumen mucho más rápido que con solo las lombrices.

Puede que las moscas también hayan interferido en un aspecto negativo, como lo es comiéndose a las lombrices tanto vivas como sus cadáveres, ya que en el momento de revisión muchas veces disminuía el número de lombrices y no se encontraban ni los cadáveres de las mismas.

En el caso de los factores físicos como humedad y calor, estos eran de mucha importancia, ya que tenían que mantenerse condiciones estándares, (intermedias), porque si se aumentaba la humedad en gran cantidad, los organismos morían por hidratación, con un aspecto hinchado (en el caso de las lombrices), como si hubieran reventado por tanta agua o desechos por la misma. Si por el contrario el caso era sequedad del sustrato, (regularmente ocurría en el sustrato animal) estos se encontraban



con un aspecto de carbonización, además que el sustrato que estuviera demasiado hidratado sufría ataque por un moho blanco, tornándose en algunos casos de color gris.

La mayor parte de las veces el exceso de humedad ocurrió debido a que el agua de las fuertes lluvias penetraba dentro de algunas de las unidades experimentales, en el caso de los tratamientos C1, C2 y C3, extrayéndose la misma para evitar la muerte de las demás lombrices.

Luego de cada una de las revisiones se extraían los cadáveres de cada una de las unidades experimentales en donde se habían encontrado organismos muertos, sustituyéndolos por organismos vivos quedando siempre el mismo número y así que el esfuerzo de degradación fuera siempre el mismo en cada uno de los tratamientos.

# 11. CONCLUSIONES

- Miriápodos (Clase Diplopoda: *Julius sp.* y Clase Chilopoda: *Scolopendola sp.*) y lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) poseen capacidad degradadora de desechos orgánicos.
- Las lombrices (*Eisenia foetida sav.*), los milpiés (*Julius sp.*) y ciempiés (*Scolopendola sp.*) se ven afectadas por cambios físicos como los provocados por la luz, la humedad.
- El tipo de sustrato en donde se produjo la mayor degradación por individuo fue en la mezcla de sustratos animal y vegetal.
- Sobreviven un mayor número de individuos cuando las condiciones del sustrato son óptimas (% de humedad entre 80 y 90).
- Se determinaron algunos aspectos biológicos y ecológicos relacionados con los organismos estudiados (preferencia de alimentación, capacidad a ciertas condiciones físicas –calor, humedad, luz-).
- De los dos géneros de miriápodos trabajados el que presenta una mayor capacidad degradadora es el milpiés *Julius sp.*

## **12. RECOMENDACIONES**

- Realizar un experimento con larvas de la mosca, ya que las mismas participan en procesos de degradación como pudo observarse, siempre controlando los ciclos de vida de los mismos para que las no pasen a moscas y contaminen.
- Al realizar este tratamiento a la basura, es necesario tomar en cuenta que no se encuentren viviendas cercanas, ya que si no se aíslan con cedazo, las moscas podrían ser una fuente de contaminación.
- Realizar talleres de capacitación a todo nivel, o de formación para así poder atacar el problema de la basura con mayor efectividad y desde la fuente.
- Revisar al inicio del experimento con una frecuencia mayor (si es posible a diario), para tener un mejor y mayor control del mismo.
- Cuidar que los individuos no se encuentren tan expuestos a la luz solar, ya que esto podría desecarlos con facilidad y provocaría la muerte de la población en poco tiempo.

## 13. REFERENCIAS

- Barnes, Robert A. 1990. **Zoología de los Invertebrados**. 5ta. Edición. Trad. Ramón Elizondo Mata. Editorial Interamericana McGraw-Hill. México. 957p.p.
- Fercuzzi, C. 1986. **Manual de Lombricultura**. España. Ediciones Mundiprensa. 210p.p.
- Mansilla García, M. 1995. **Evaluación del efecto de tres dosis de lombrices sobre el rendimiento en el cultivo del pepino (*Cucumis sativa*), en la Finca Santa Mónica, AV. Guatemala**. Informe técnico. Escuela Nacional de Agricultura. Guatemala. 50p.p.
- Catalán, Sara. 2001. **Determinación de la velocidad de degradación por lombriz coqueta roja (*Eisenia foetida sav.*) en sustrato animal, vegetal y mezcla de ambos**. Informe final de EDC. Guatemala. 33p.p.
- Mitchell, M.J. 1982. **A simulation model of earthworm growth and population dynamics: application to organic waste conversion**. Chapter 30.
- Mitchell, M.J. 1979. **Functional relationships of macroinvertebrates in heterotrophic systems with emphasis on sewage sludge decomposition**. Ecology, 60, 1270-1283p.p.
- Mitchell, M.J., Hornor, S.G. y Abrams, B.I., 1980. **Decomposition of sewage sludge in drying beds and the potential role of the earthworm, *Eisenia foetida***. Journal Environmental Quality. 9, 373-378p.p.
- Neuhauser, E.F., Hartenstein, R. and Kaplan, D.L. 1980. **Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing**. Oikos, 35, 93-98p.p.
- [cereceda@eucmax.sim.ucm.es](mailto:cereceda@eucmax.sim.ucm.es): Cereceda, M. et al., 2001. **Dynamics of protozoan and metazoan communities in a full scale wastewater treatment plant by rotating biological contactors**. Departamento de Microbiología III, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid, Spain. 225-238p.p.

# **14. ANEXOS**

## 14.1. Anexo 1

### Tratamientos y distribución de los mismos con sus réplicas

A = sustrato animal

B = sustrato vegetal

C = mezcla de ambos sustratos (50-50%)

Para cada uno de los tratamientos:

# de réplica	Milpiés	Ciempíes	Lombriz	Control
1	Julius sp.	Scolopendola	1	1
2	Julius sp.	Scolopendola	2	2
3	Julius sp.	Scolopendola	3	3

## 14.2. Anexo 2: Resultados por Tratamiento

### 14.2.1. TRATAMIENTO A: SUSTRATO / CIEMPIÉS

#### Tratamiento A<sub>1</sub>= sustrato animal / ciempiés

##### Descripción de los sustratos utilizados:

# de sustrato	A1.1	A1.2.	A1.3
Descripción	Pollo frito, carne guisada, huesos de pollo, atún	Pollo frito, carne guisada, huesos de pollo, atún	Pollo frito, carne guisada, huesos de pollo, atún
Peso inicial (gramos)	200	200	200
Humedad relativa inicial (%)	85	85	85

#### Réplica A<sub>1.1</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	77.5	7 vivos	-
14/07/03	100	81, 84,	6 vivos 1 muerto	-
21/07/03	100	84, 82	4 vivos y 3 muertos	presencia de moho blanco, sustrato color gris
28/07/03	90	87	2 vivos	presencia de mosquitos

Promedio de humedad relativa: 82.58%

**Réplica A<sub>1.2</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	79	6 vivos y muerto	-
14/07/03	100	82, 86,	6 vivos y 1 muerto	le da la luz muy directo
21/07/03	100	85, 82	3 vivos 4 muertos	temperatura alta debido a que la luz da directo
28/07/03	90	87	todos muertos (7)	-

Promedio de humedad relativa: 83.5%

**Réplica A<sub>1.3</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	78	6 vivos y 1 muerto	-
14/07/03	100	85, 84,	6 vivos y 1 muerto	-
21/07/03	100	85, 85	4 vivos 3 muertos	animales muy activos, sustrato color gris
28/07/03	90	86	1 vivo y 6 muertos	mucha humedad

Promedio de humedad relativa: 83.83%

Promedio de pesos degradados de 200gr. iniciales:  $90 + 90 + 90 / 3 = 90$  gramos

Promedio de pesos finales: 110.00gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $2 + 0 + 1 / 3 = 1$  organismos vivos de 7

**Control Animal:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)
07/07/03	200	82
14/07/03	200	84
21/07/03	200	81
28/07/03	200	87



## Tratamiento A<sub>2</sub>= sustrato vegetal / ciempiés

### Descripción de los sustratos utilizados:

# de sustrato	A2.1	A2.2.	A2.3
Descripción	Hojas de hierbabuena, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, unas catáfilas de cebolla, tallos de hierbabuena, naranja	Hojas de hierbabuena, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, unas catáfilas de cebolla, tallos de hierbabuena, naranja	Hojas de hierbabuena, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, unas catáfilas de cebolla, tallos de hierbabuena, naranja
Peso inicial (gramos)	200	200	200
Humedad relativa inicial (%)	85	85	85

### Réplica A<sub>2.1</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	85	7 vivos	-
14/07/03	100	81, 84,	7 vivos	animales activos
21/07/03	100	82, 82	5 vivos y 2 muertos	-
28/07/03	90	95	4 vivos y 3 muertos	disminuyó la actividad de los animales, muy húmedo

Promedio de humedad relativa: 84.83%

### Réplica A<sub>2.2</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	85	7 vivos	-
14/07/03	100	83, 84,	5 vivos y 2 muertos	presencia de mosquitos
21/07/03	100	84, 87	5 vivos y 2 muertos	-

28/07/03	90	96	4 vivos y 3 muertos	muy húmedo, presencia de mosquitos
----------	----	----	---------------------	------------------------------------

Promedio de humedad relativa: 86.5%

### Réplica A<sub>2.3</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	85	6 vivos y 1 muerto	mucha actividad de los individuos
14/07/03	100	86, 85,	5 vivos y 2 muertos	-
21/07/03	100	84, 88	5 vivos y 2 muertos	presencia de moho blanco
28/07/03	93	87	3 vivos y 4 muertos	-

Promedio de humedad relativa: 85.83%

Promedio de pesos degradados de 200gr. iniciales:  $90 + 90 + 93 / 3 = 91.00$  gramos

Promedio de pesos finales: 109.00gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $4 + 4 + 3 / 3 = 4$  organismos vivos de 7.

### Control Vegetal:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)
07/07/03	200	82
14/07/03	200	84
21/07/03	200	81
28/07/03	200	87

## A<sub>3</sub>= mezcla de sustratos / ciempiés

### Descripción de los sustratos utilizados:

# de sustrato	A3.1	A3.2.	A3.3
Descripción	Hojas de culantro, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, pollo frito, pescado frito, carne cocida, tomate, cáscaras de limón, apio hojas y tallos	Hojas de culantro, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, pollo frito, pescado frito, carne cocida, tomate, cáscaras de limón, apio hojas y tallos	Hojas de culantro, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, pollo frito, pescado frito, carne cocida, tomate, cáscaras de limón, apio hojas y tallos
Peso inicial (gramos)	200 *	200	200
Humedad relativa inicial (%)	85	85	85

### Réplica A<sub>3.1</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
09/10/02	200	85, 75, 84	7 vivos	-
16/10/02	167	81, 80, 85	5 vivos, 2 muertos	bastante actividad de los individuos
23/10/02	88	84, 82	6 vivos y 1 muerto	mucha humedad
30/10/02	60	89	3 vivos y 4 muertos	mucha humedad, presencia de moho blanco, queda más sustrato vegetal que animal

Promedio de humedad relativa: 82.78%

**Réplica A<sub>3.2</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
09/10/02	200	85, 79, 81	7 vivos	-
16/10/02	155.5	81, 82, 85	4 vivos y 3 muertos	muy húmedo
23/10/02	90	81, 82	4 vivos y 3 muertos	el sustrato animal se puso color gris
30/10/02	40	82	3 vivos y 4 muertos	quedó solamente sustrato vegetal

Promedio de humedad relativa: 82%

**Réplica A<sub>3.3</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
09/10/02	200	85, 81, 78	7 vivos	-
16/10/02	160	83, 84, 95	5 vivos y 2 muertos	muy húmedo
23/10/02	84	78, 84	5 vivos y 2 muertos	-
30/10/02	65	80	2 vivos y 5 muertos	solamente quedó sustrato vegetal

Promedio de humedad relativa: 83.11%

Promedio de pesos degradados de 200gr. iniciales:  $60 + 40 + 65 / 3 = 55$  gramos

Promedio de pesos finales: 145.00gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $3 + 3 + 2 / 3 = 3$  organismos vivos de 7

**Control Mezcla de Sustratos:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)
09/10/02	200	82
16/10/02	200	84
23/10/02	200	81
30/10/02	200	85

## 14.2.2. TRATAMIENTO B: SUSTRATO / MILPIÉS

### Tratamiento B<sub>1</sub> = Sustrato Animal / milpiés:

En este tratamiento se disminuyó la cantidad de sustrato, así como también la cantidad de individuos dentro de cada uno de los contenedores. A 100g iniciales de sustrato + 100g de hojarasca = 200g; ya que se dificultaba la colecta de individuos por el aumento de la temperatura ambiental.

#### Descripción de los sustratos utilizados:

# de sustrato	B1.1	B1.2.	B1.3
Descripción	Salchichas cocidas, pollo cocido, pollo frito, chorizos, carne guisada	Salchichas cocidas, pollo cocido, pollo frito, chorizos, carne guisada	Salchichas cocidas, pollo cocido, pollo frito, chorizos, carne guisada
Peso inicial (gramos)	200	200	200
Humedad relativa inicial (%)	85	85	85

### Réplica B<sub>1.1</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	84.5	1 vivo, 6 muertos	-
14/07/03	100	83, 86,	6 vivos	se agregaron 100gr. de hojarasca
21/07/03	80.5	86.5, 83	6 vivos, 1 muerto	muchas "bolitas" de heces fecales, no hay mal olor, sustrato color gris, dejan la hojarasca
28/07/03	80	88	7 vivos	Se observa que a mayor humedad se conservan mejor los individuos, y que necesitan tierra, presencia de moho, bastante actividad de los animales, se observa hojarasca y menos tierra, casi nada de sustrato animal

Promedio de humedad relativa: 85.17%

**Réplica B<sub>1.2</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	84	1 vivo, 6 muertos	-
14/07/03	100	82, 80,	3 vivos, 4 muertos	se agregaron 100gr. de hojarasca
21/07/03	80	80, 77	6 vivos	muchas "bolitas" de heces fecales, no hay mal olor, sustrato color gris se observa que dejan la hojarasca
28/07/03	80	88	6 vivos	Se observa que a mayor humedad se conservan mejor los individuos, y que necesitan tierra, presencia de moho, bastante actividad de los animales, se observa hojarasca y menos tierra, casi nada de sustrato animal

Promedio de humedad relativa: 81.83%

**Réplica B<sub>1.3</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	77.5	1 vivo, 6 muertos	-
14/07/03	100	81, 84,	1 muerto, 6 vivos	se agregaron 100gr. de hojarasca
21/07/03	100	84, 82	7 vivos	muchas "bolitas" de heces fecales, no hay mal olor, sustrato color gris, se observa que queda hojarasca

28/07/03	90	87	7 vivos	Se observa que a mayor humedad se conservan mejor los individuos, y que necesitan tierra, presencia de moho, bastante actividad de los animales, se observa hojarasca y menos tierra, casi nada de sustrato animal
----------	----	----	---------	--

Promedio de humedad relativa: 82.58%

Promedio de pesos degradados de 200gr. iniciales:  $90 + 80 + 80 / 3 = 83.33$  gramos

Promedio de pesos finales: 116.67gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $7+6+7 / 3 = 6$  organismos vivos de 7

### Control Animal:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)
07/07/03	200	82
14/07/03	200	84
21/07/03	200	81
28/07/03	200	87

## Tratamiento B<sub>2</sub> = Sustrato Vegetal / milpiés:

### Descripción de los sustratos utilizados:

# de sustrato	B2.1	B2.2.	B2.3
Descripción	Hojas de hierbabuena, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, unas catáfilas de cebolla, tallos de hierbabuena	Hojas y tallos de hierbabuena, cáscara de banano, de aguacate, tallos de cebolla, naranja	Hojas y tallos de hierbabuena, cáscara de naranja y gajos de naranja, cáscara de limón y de aguacate
Peso inicial (gramos)	200	200	200
Humedad relativa inicial (%)	85	85	85

### Réplica B<sub>2.1</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
15/10/02	200	85, 85, 79	7	-
22/10/02	160	73, 85, 82	5 vivos, dos muertos	muy seco, se agregaron 100gr. de hojarasca, los organismos se considera que murieron por falta de humedad, este recipiente se encuentra debajo de una lámina transparente y la luz del sol es directa
29/10/02	100	78, 97, 70	4 vivos y 3 muertos	se agregó agua, no hay mal olor
05/11/02	95	70	5 vivos, 2 muertos	-

Promedio de humedad relativa: 80.4%



**Réplica B<sub>2.2</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
15/10/02	200	85, 90, 86	7	-
22/10/02	150.5	72, 90, 80.2	5 vivos, dos muertos	mal olor, se agregaron 100gr. de hojarasca
29/10/02	100	81.5, 96, 78	4 vivos y 3 muertos	se agregó agua, presencia de mosquitos, muertos con anchas blancas
05/11/02	98	78	6 vivos y 1 muerto	manchas cafés en el tul

Promedio de humedad relativa: 83.67%

**Réplica B<sub>2.3</sub>:**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
15/10/02	200	85, 90, 87	7vivos	-
22/10/02	155.5	69, 94, 81	4 vivos, 3 muerto	mal olor, se agregaron 100gr. de hojarasca
29/10/02	90	81, 95, 93	5 vivos, 2 muertos	se agregó agua, poca humedad, bastante hojarasca, presencia de mosquitos
05/11/02	90	93	todos muertos (7)	-

Promedio de humedad relativa: 86.8%

Promedio de pesos degradados de 200gr. iniciales:  $90 + 98 + 95 / 3 = 94.33$  gramos

Promedio de pesos finales: 105.67gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $5 + 6 + 0 / 3 = 4$  organismos vivos de 7

**Control Vegetal:**

<b>Fecha</b>	<b>Peso (gramos)</b>	<b>Humedad (%)</b>
15/10/02	200	85
22/10/02	200	90
29/10/02	200	93
05/11/02	200	87

## Tratamiento B<sub>3</sub> = Mezcla de sustratos / milpiés:

### Descripción de los sustratos utilizados:

# de sustrato	B3.1	B3.2.	B3.3
Descripción	Hojas de hierbabuena, cáscaras de banano, cáscara de aguacate, unas catáfilas de cebolla, tallos de hierbabuena	Hojas y tallos de hierbabuena, cáscara de banano, de aguacate, tallos de cebolla, naranja	Hojas y tallos de hierbabuena, cáscara de naranja y gajos de naranja, cáscara de limón y de aguacate
Peso inicial (gramos)	200	200	200
Humedad relativa inicial (%)	85	85	85

### Réplica B<sub>3.1</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	75	7 vivos	-
14/07/03	100	85	3 vivos y 4 muertos	muchos mosquitos, muchas "bolitas" de heces fecales
21/07/03	100	70	3 vivos y 4 muertos	muchas heces fecales, se agregaron 200 gramos de tierra
28/07/03	80	92	7 vivos	individuos repuestos muy activos

Promedio de humedad relativa: 80.5%

### Réplica B<sub>3.2</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	75	7 vivos	-
14/07/03	120	84	4 vivos y 3 muertos	presencia de mosquitos

21/07/03	100	70	7 muertos	
28/07/03	81	93	7 vivos	los individuos repuestos son más activos y grandes que los anteriores

Promedio de humedad relativa: 80.5%

### Réplica B<sub>3.3</sub>:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos vivos	Observaciones
07/07/03	200	75	7 vivos	-
14/07/03	110	86	7 vivos	-
21/07/03	100	65	2 vivos y 4 muertos	-
28/07/03	80	92	7 vivos	mucha humedad, los individuos son más activos y grandes que los anteriores

Promedio de humedad relativa: 79.5%

Promedio de pesos degradados de 200gr. iniciales:  $85 + 80 + 80 / 3 = 81.67$  gramos

Promedio de pesos finales: 118.33gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $7 + 7 + 7 / 3 = 7$  organismos vivos de 7

### Control Mezcla de Sustratos:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)
07/07/03	200	82
14/07/03	200	84
21/07/03	200	85
28/07/03	200	93

### 14.2.3. TRATAMIENTO C: SUSTRATO / LOMBRIZ

Descripción de la basura en cada uno de los tratamientos:

Sustrato	Vegetal	Animal	Mezcla de sustratos
Descripción	Sandía, güisquil, mango, banano, güicoyitos, pepinillos, ejote, chile pimiento, berenjena, repollo, hoja de tamal, pulpa de café (0.5g).	Pollo frito (pollo Campero), carne de res, hueso y cartílago de pollo.	Lo descrito anteriormente en los sustratos animal y vegetal y bistec cocido.
<b>Peso inicial (gramos)</b>	400	400	400
<b>Humedad relativa inicial (%)</b>	85	85	85

En cada uno de los tratamientos, junto con sus réplicas se introdujeron 30 individuos, ya que provenían de pulpa de café y esa era su anterior dieta alimenticia, se les agregó una parte mínima de esta, para evitar variar de forma brusca sus hábitos y evitar que esta fuera una posible causa de muerte.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes

#### Tratamiento C<sub>1</sub> = Sustrato animal / lombrices:

##### Réplica C<sub>1.1</sub>.

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	30 vivos	-
22/08/02	320	72, 90, 80.2	7 vivos y 12 cadáveres	-
29/08/02	255	81.5, 96, 78	7 vivos y 12 cadáveres	-
05/09/02	255	78	No hay organismos vivos	-

Promedio de humedad relativa: 83.9%

**Réplica C<sub>1.2</sub>.**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	30 vivos	No se han comido la pulpa de café
22/08/02	345	72, 90, 80.2	5 vivos y 25 cadáveres	Se extrajo el agua debido al exceso de humedad
29/08/02	300	81.5, 96, 78	30 muertos	-
05/09/02	300	78	No hay organismos vivos	-

Promedio de humedad relativa: 86.25

**Réplica C<sub>1.3</sub>.**

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	30 vivos	-
22/08/02	350	72, 90, 80.2	28 vivos y 2 muertos	Se extrajo el agua debido al exceso de humedad
29/08/02	320	81.5, 96, 78	12 vivos y 12 muertos, no se encontraron cadáveres	-
05/09/02	305	78	No hay organismos vivos	-

Promedio de humedad relativa: 84.6

Promedio de pesos degradados de 400g. Iniciales:  $145 + 100 + 95 / 3 = 113.33$  gramos

Promedio de pesos finales: 286.67gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $0 + 0 + 0 / 3 = 0$  organismos vivos de 30

**Control Animal:**

<b>Fecha</b>	<b>Peso (gramos)</b>	<b>Humedad (%)</b>
15/08/02	400	85
22/08/02	400	83
29/08/02	400	86
05/09/02	400	88

## Tratamiento C<sub>2</sub> = Sustrato vegetal / lombrices:

### Réplica C<sub>2.1</sub>.

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	29 vivos, no se encontró cadáver	Se agregó agua al sustrato debido a la falta de humedad del mismo
22/08/02	400	72, 90, 80.2	28 vivos, no se encontró cadáver	
29/08/02	325	81.5, 96, 78	17 vivos y 13 muertos	-
05/09/02	325	78	No hay organismos vivos	-

Promedio de humedad relativa: 81.9

### Réplica C<sub>2.2</sub>.

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	24 vivos y 3 cadáveres	-
22/08/02	400	72, 90, 80.2	22 vivos y 2 cadáveres	El sustrato tiene moho
29/08/02	325	81.5, 96, 78	11 vivos, no se encontraron cadáveres	El sustrato tiene moho
05/09/02	320	78	19 vivos y 11 muertos	El sustrato tiene moho

Promedio de humedad relativa: 87



### Réplica C<sub>2.3</sub>.

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	5 vivos, 2 pupas y 18 cadáveres	Se humedeció el sustrato, no han comido la pulpa de café
22/08/02	350	72, 90, 80.2	4 vivos, 2 pupas y 1 cadáver	Mayor disminución de hojarasca
29/08/02	270	81.5, 96, 78	1 vivo y 29 muertos	-
05/09/02	270	78	No hay organismos vivos	-

Promedio de humedad relativa: 84.6

Promedio de pesos degradados de 400g. iniciales:  $75 + 80 + 130 / 3 = 95$  gramos

Promedio de pesos finales: 305gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $0 + 19 + 0 / 3 = 6$  organismos vivos de 30

### Control Vegetal:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)
15/08/02	400	85
22/08/02	400	86
29/08/02	400	83
05/09/02	400	84

## Tratamiento C<sub>3</sub> = Mezcla de Sustratos / lombrices:

### Réplica C<sub>3.1</sub>.

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	27 vivos, no se encontraron cadáveres	-
22/08/02	365	72, 90, 80.2	27 vivos, no se encontraron cadáveres	Poco consumo de sustrato animal
29/08/02	299	81.5, 96, 78	19 vivos, no se encontraron cadáveres	Quedó solamente sustrato animal y poca hojarasca
05/09/02	115	78	19 vivos, no se encontraron cadáveres	Quedó solamente sustrato animal

Promedio de humedad relativa: 84.9

### Réplica C<sub>3.2</sub>.

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	30 vivos	-
22/08/02	360	72, 90, 80.2	30 vivos	-
29/08/02	288	81.5, 96, 78	22 vivos, 8 cadáveres	-
05/09/02	110	78	17 vivos, 2 cadáveres	-

Promedio de humedad relativa: 83.1

### Réplica C<sub>3.3</sub>.

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)	# organismos encontrados	observaciones
15/08/02	400	85, 90, 86	25 vivos y 3 cadáveres	-

22/08/02	365	72, 90, 80.2	25 vivos	Mayor consumo de sustrato vegetal
29/08/02	280	81.5, 96, 78	17 vivos, 3 muertos y no hay cadáveres del resto	Un poco de moho en el sustrato
05/09/02	115	78	14 vivos, no hay cadáveres del resto	Presencia de moho

Promedio de humedad relativa: 85.9

Promedio de pesos degradados de 400g. Iniciales:  $285 + 290 + 285 / 3 = 286.67$  gramos

Promedio de pesos finales: 113.33gr.

Promedio de organismos sobrevivientes por Réplica:  $14 + 17 + 19 / 3 = 17$  organismos vivos de 30

- En el caso de muerte de los individuos se reemplazaba para completar siempre con el número inicial de 30 y que este fuera constante.

### Control Mezcla de Sustratos:

Fecha	Peso (gramos)	Humedad (%)
15/08/02	400	85
22/08/02	400	84
29/08/02	400	87
05/09/02	400	87

### 14.3. Anexo 3: Análisis Estadístico:

#### ANOVA de dos factores:

La regla de decisión para el análisis de varianza de dos factores dice que se rechaza la hipótesis nula si el valor calculado de la estadística de prueba (F) es mayor o igual que el valor crítico de F

Análisis de varianza de dos factores con una sola muestra por grupo

<i>RESUMEN</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Fila 1	3	286.66	95.55333333	248.1296333
Fila 2	3	280.33	93.44333333	4.589633333
Fila 3	3	423.34	141.1133333	16067.87963
Columna 1	3	236	78.66666667	420.3333333
Columna 2	3	259.33	86.44333333	47.33853333
Columna 3	3	495	165	11186.6889

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	4352.5946	2	2176.2973	0.459228261	0.661397135	6.944276265
Columnas	13685.07087	2	6842.535433	1.443867823	0.337261713	6.944276265
Error	18956.12693	4	4739.031733			
Total	36993.7924	8				

#### 14.4. Anexo 4: Fotos



Se distribuyeron los recipientes al azar, para evitar sesgos ocasionados por diversos factores físicos y ambientales como: calor, humedad, exposición a la luz, etc.



Se observa a la asistente de investigación realizando una de las tomas de datos a los tratamientos.



Para llevar un control adecuado de las muestras, estas se rotularon, y se le colocó tul a cada uno de los recipientes, para evitar que los sustratos se contaminación por moscas, zancudos u otros organismos que pudieran afectarlos.



Se observan los milpiés *Julius sp.*, utilizados en los tratamientos B1, B2 y B3.



Se observa como se colocaba el higrómetro dentro de los recipientes para medir la humedad relativa de cada uno de los tratamientos y sus réplicas.

Sara Michelle Catalán Armas  
Estudiante

PhD. Ronald Enrique Morales Vargas  
Asesor de Tesis

PhD. Juan Fernando Hernández  
Revisor

Lic. José Fernando Díaz Coppel  
Director de Escuela

MSc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán  
Decano