

**DISEÑO EXPERIMENTAL: UN ENFOQUE A LA REPRODUCCIÓN DE LAS
LOMBRICES**

**Diego Felipe Cuéllar Paz
Lindsay Rotavisky Guerrero**

**Universidad ICESI
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería industrial
Santiago de Cali
Año 2013**

**DISEÑO EXPERIMENTAL: UN ENFOQUE A LA REPRODUCCIÓN DE LAS
LOMBRICES**

**Diego Felipe Cuéllar Paz
Lindsay Rotavisky Guerrero**

Tutores

Jairo Guerrero

Ing. Industrial Msc. Ing. Industrial

Elizabeth Narváez T.

Ing. Agroindustrial MSc. Ing. Industrial

Universidad ICESI

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial

Proyecto de Grado

Santiago de Cali

CONTENIDO

GLOSARIO	10
1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA	12
1.1 Diseño experimental: un enfoque a la reproducción de las lombrices.	12
1.2 PROBLEMA	12
1.3 JUSTIFICACIÓN	13
1.4 ALCANCE Y DELIMITACIÓN	14
1 OBJETIVOS.....	15
2.1 Objetivo General	15
2.2 Objetivo del Proyecto	15
2.3 Objetivos Específicos	15
3. MARCO DE REFERENCIA	16
3.1 ANTECEDENTES	16
3.2 MARCO TEORICO	17
3.2.1 Generalidades de lombricultura.	17
3.2.2 Comercio de la lombricultura	17
3.2.3 Clasificación taxonómica	18
3.2.4 Fisiología de la lombriz	20
3.2.4.1 Sistema nervioso.	20
3.2.4.2 Respiración.....	20
3.2.4.3 Sistema digestivo	20
3.2.4.4 Regeneración	21
3.2.4.5 Sistema reproductor	21
3.2.5 Ciclo de Vida de la lombriz roja californiana	22
3.2.5.1 Estadio embrionario.....	22
3.2.5.2 Estadio juvenil	22
3.2.6 Adecuación de instalaciones	24
3.2.7 Condiciones biológicas	24
3.2.7.1 Temperatura.....	24

3.2.7.2 Humedad	24
3.2.7.3 PH	24
3.2.8 Dieta alimentaria.....	24
3.2.8.1 Cascara de Papa y Tronco de Plátano.....	26
3.2.9 Condiciones Técnicas de Lombricultura	27
3.2.9.1 Construcción de camas	27
3.2.9.2 Construcción de techo.....	27
3.2.9.3 Cerramiento del lugar	27
3.2.9.4 sistemas de riego	27
3.2.9.5 Método de separación	27
3.2.10 Enemigos de la lombriz roja californiana	28
3.2.11 Diseño experimental	28
3.2.11.1 Unidad Experimental. La unidad experimental es la unidad básica sobre la cual se efectúa el proceso de medida, es decir donde se realiza el experimento. Puede ser desde espacios físicos, personas, cosas abstractas o intervalos de tiempo (19)	28
3.2.11.2 Diseño de Completamente al Azar	28
3.2.11.3 Variables, factores, niveles.....	29
3.2.11.4 Clasificación de los Diseños de Experimentos	30
3.2.11.5 Aspectos que influyen en la Selección de Experimentos.....	30
3.2.11.6 Análisis de Varianza	30
3.2.11.7 Etapas del Diseño de Experimentos (20)	31
3.2.11.8 Supuestos acerca del Modelo de Completamente al Azar	33
3.2.11.8.3 Normalidad.....	33
3.2.8.4 Independencia:.....	33
Independencia de los Residuos.	33
3.2.8.5 Variancias Homogéneas (Homocedasticidad):.....	33
Prueba de Bartlett	33
Prueba de Levene Homogeneidad de Varianzas.....	34
3.2.11. 9 Pruebas para un Diseño Complementos al Azar.....	35
3.2.11.9.1 Métodos de Comparaciones múltiples	35
3.2.11.9.2 Prueba T Student	35

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS	38
4.1 MARCO LÓGICO.....	38
4.2 ETAPAS DEL PROCESO	42
4.2.1 Selección del Lugar Apropriado.....	42
4.2.2 Distribución y organización.....	42
4.2.3 Contenedores	43
4.2.4 Lechos o Camas.....	43
4.2.5 Característica del área de extensión.....	43
4.3 Preparación.....	43
4.4 Edificación.....	44
4.5 Alimento	44
4.5.1 Condiciones óptimas del alimento	44
4.5.2 Cantidad y frecuencia de alimentación	45
4.6 Pié de Cría	45
4.6.1 Inoculación.....	45
4.7 Riego.....	46
5 ADMINISTRACION DEL PROYECTO	47
5.1 Recursos disponibles: humanos, económicos y tecnológicos.....	47
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	48
6.1 OBJETIVO 1: ESTABLECER RESIDUOS SÓLIDOS A EMPLEARSE EN LA CRÍA DE LOMBRIZ DE ACUERDO A SU DISPONIBILIDAD Y CANTIDAD.	48
6.1.2 Composición de los sustratos a evaluar	49
6.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR LAS VARIABLES TÉCNICAS CRÍTICAS DEL PROCESO Y ELABORAR LOS PROTOCOLOS PARA SU MANEJO.	49
6.2.1 Dimensión de las camas.....	49
6.2.2 Humedad	50
6.2.3 Temperatura	51
6.2.4 pH	52
6.3 OBJETIVO 3: ESTABLECER QUE SUSTRATO(S) DE LOS PROPUESTOS FAVORECEN LA PRODUDUCCIÓN DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA. ...	53
6.3.5 Diseño experimental	53
6.3.1 Construcción de camas	54

6.3.2 Pie de cría.....	57
6.3.3 Siembra del pie de cría	58
6.3.4 Alimentación de las lombrices	59
6.3.4 Toma de datos.....	61
6.3.5.1 Diseño de Experimentos Completamente al Azar – Lombriz Roja Californiana	63
6.3.6 Costos de producción SERA QUE ESTOS SON COSTOS DE PRODUCCION O DE REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO, FAVOR MANDAR ESTO A ANEXOS???	79
ANEXO: COSTOS DE PRODUCCIÓN	79
7 CONCLUSIONES.....	82
BIBLIOGRAFÍA	86

ANEXOS

ANEXO A	41
---------------	----

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Fisiología interna de la lombriz roja californiana.	21
Ilustración 3: Capsulas maduras y viables encontradas durante el proceso de lombricompostaje evaluadas a los 45 (T1) y a los 90 (T2)	25
Ilustración 4: variación del peso promedio de la lombriz (<i>Eisenia Foetida</i>) en 5 sustratos orgánicos a los 45 y 90 días.	26
Ilustración 5: Punzonado de la tierra	55
Ilustración 6: Secado de establo	55
Ilustración 7: Nivelado	55
Ilustración 8. Delimitación de camas	56
Ilustración 10. Camas construidas	57
Ilustración 9. Camas terminadas	57
Ilustración 11. Camas forradas	57
Ilustración 12. Siembra de lombrices	58
Ilustración 13. Alimentación de las lombrices	59
Ilustración 14. Camas de lombrices con mezcla de pasto	60
Ilustración 15. Cama de 70% boñiga - 30% pasto	60
Ilustración 16. Toma de muestras	61
Ilustración 17. Comportamiento del análisis poblacional después de 8 semanas .	62
Ilustración 18. Valores Individuales T1, T2, T3	69
Ilustración 19. Normalidad de residuos	70
Ilustración 20. Prueba de igualdad de varianzas	71
Ilustración 21. Monitoreo semanal de Temperatura	74
Ilustración 22. Tratamiento 1 Vs Temperatura 1	75
Ilustración 23. Tratamiento 2 Vs Temperatura 2	76
Ilustración 24. Tratamiento 3 Vs temperatura 3	76

TABLAS

Tabla 1. Especies más importantes para la comercialización	18
Tabla 2. Diferencias de longevidad y prolificidad entre distintos tipos de lombrices del género Lumbricidae	19
Tabla 3. Variedad de la alimentación de las lombrices	25
Tabla 4. Tabla ANOVA para Diseño Completos al Azar	30
Tabla 5: Disponibilidad en materia prima para el lombricultivo.....	48
Tabla 6. Formato control semanal de humedad.....	51
Tabla 7. Formato control de temperatura para cada uno de los tratamientos	52
Tabla 8. Control semanal de pH.....	53
Tabla 9: Muestras iniciales de lombrices	58
Tabla 10: Control semanal de población	62
Tabla 11. Análisis de la reproducción de la lombriz roja californiana	63
Tabla 12. Peso de lombrices (gr) por cada tratamiento.....	64
Tabla 13. ANOVA unidireccional: Peso vs Tratamientos	65
Tabla 14. Agrupación de medias por el método LSD al 95%	68
Tabla 15. Estadísticas de los 3 tratamientos	69
Tabla 16. Prueba Durbin Watson	72
Tabla 17. Monitoreo semanal de pH	77
Tabla 18. Monitoreo semanal de humedad	78
Tabla 19. Costos del proyecto.....	79

GLOSARIO

- ABONO: Sustancia solida o liquida que ayuda a mejorar la calidad del sustrato o el suelo.
- ACOPLAMIENTO: unión de lombrices, en la cual ambos animales vierten semen en la otra y es retenido hasta el día de la fecundación.
- AGRICOLA: Toda industria cuya materia prima sea extraída de la agricultura y productos agrícolas.
- ALMIDONES: polisacárido de reserva alimenticia predominante en las plantas, corresponde a la mayor parte de los carbohidratos digestible de la dieta animal
- ANELIDOS: Gusanos cilíndricos segmentados, carentes de huesos y cuerpo blando.
- ANOVA: tabla usada para probar hipótesis mediante el análisis de variabilidad de los datos (varianzas).
- AUTOTOMIA: mutilación espontanea que hacen sobre sí mismo algunos animales cuando se encuentran en peligro y a la capacidad de reconstruir las partes de su cuerpo afectadas.
- AVICOLA: Conjunto de granjas de Aves (pollos).
- BIO COMERCIO: Es el comercio de bienes que tienen como fin ayudar a la sostenibilidad del medio ambiente.
- BIODEGRADABLE: producto o sustancia que puede descomponerse en elementos químicos, por la acción de agente biológicos como plantas, animales.
- BOÑIGA: Excremento de vacuno o de caballerías.
- BOVINAZA: Reciclaje de sólidos del animal mediante la separación de materiales enteros.
- CAPRINA: Conjunto de operaciones encaminadas a reproducir los animales de la especie
- CLITELLO: segmento de los anélidos situado en la zona de los genitales del animal, esta se desarrolla cuando el animal llega a su madurez sexual.
- COCON: Huevos de los anélidos.
- COLAGENO: Es la proteína más abundante de nuestro cuerpo y un componente esencial de los huesos, ligamentos, tendones, cartílagos y pie
- CUNICULA: Conjunto de granjas de conejos.
- DRENAJE: tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos.

- DURBIN WATSON: permite evaluar si existe auto correlación en una regresión lineal sea simple o múltiple. Mediante este modelo se puede observar si los valores tienen dependencia en cuanto al orden de obtención.
- EUTROFIZACION: abundancia anormal alta de nutrientes
- EXCRETA CABALLAR: Desechos provenientes de los caballos
- FERTILIZANTES QUIMICOS: Sustancias utilizadas para aportarle los nutrientes que le hacen falta a los suelos, que luego de su utilización en varios procesos de cosechas, sin un descanso para su recuperación, no logran recuperarse óptimamente.
- INOCULACION: La inoculación es el procedimiento mediante el cual ponemos las lombrices por primera vez en nuestros contenedores de pié de cría
- INSUMOS: Es la materia prima, es todo lo que se encuentre disponible de forma natural o hecha por los humanos para el desarrollo de la vida humana.
- LOMBRICOMPOST: Abono orgánico producto de la excretas de las lombrices.
- LOMBRICULTURA: Actividad relacionada con la cría y producción de lombrices epigeas y el tratamiento, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas.
- MOLLEJA: hace parte de la anatomía de los animales, es una especialización del estómago de vertebrados e invertebrados.
- PECUARIAS: actividades relacionadas con el ganado.
- PIE DE CRIA: Corresponde a 1 kg de lombriz (de 1000 a 1500 lombrices).
- PODA: Resultante del pasto de corte.
- POLLINAZA: Excreta de las aves de engorda, la cual siempre se presenta mezclada con el material que se utiliza como cama para los pollos.
- PORCICOLA: Conjunto de granjas de Cerdos.
- PROLIFICIDAD: capacidad de producir varias crías.
- PSEUDOTALLO: tallo del plátano formado por hojas.
- SUSTRATOS: Capa de suelo debajo de la capa superficial del mismo; molécula sobre la que actúa una enzima.
- TRONCHO: sinónimo de pseudotallo, este corresponde al tallo del plátano.
- VALOR AGREGADO: valor adicional que adquieren los productos y servicios al ser transformados durante su proceso productivo.
- VERMICOMPOST: Residuo Orgánico, que es puesto como sustrato y hábitat para la lombriz roja californiana, el cual es transformado por esta en fertilizante.

1. ELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DEL TEMA

1.1 Diseño experimental: un enfoque a la reproducción de las lombrices.

1.2 PROBLEMA

En la finca ubicada en el Departamento del Cauca se generan residuos sólidos orgánicos como pasto, troncho de plátano, cáscara de papa, hojas de árboles, desechos de frutales y desechos de cocina, los cuales no se les está dando un uso apropiado generando acumulación de desechos produciendo contaminación. El pasto resulta de la poda realizada en la finca cada dos meses, sale alrededor de 200 kilos en cada poda, el troncho de plátano se obtiene 2 kilos por semana, de boñiga 125 kilos por semana y de la cáscara de la papa 500 gramos por semana.

Se requiere hacer uso de dichos residuos y para ello se toma como alternativa la producción de lombricompuesto. Para poder llevar a cabo lo anterior se requiere evaluar previamente el desempeño de los sustratos que se pueden establecer a partir de los residuos disponibles en función de la producción de lombrices (peso de lombrices/ kilogramos de sustrato) y poder generar el valor agregado en estos desperdicios contribuyendo con el medio ambiente mediante un uso apropiado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Los residuos orgánicos son biodegradables pues pueden ser descompuestos en sus componentes químicos y elementos menos complejos, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales. Las actividades agrícolas y pecuarias generan una gran variedad y cantidad de residuos orgánicos, que al no ser aprovechados para su re-utilización se convierten en contaminantes para suelo, agua y aire, una alternativa amigable con el medio ambiente para el aprovechamiento de estos residuos es la lombricultura.

Se denomina lombricultura a las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices epigeas (de superficie, con ciclos de vida distintos a las vistas comúnmente en los jardines) y el tratamiento, por medio de éstas, de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abono. Los productos generados por la lombricultura son: lombrices y lombricompuesto¹ (humus), ambos pueden ser comercializados.

Las lombrices son usadas en actividades como: pie de cría para proyectos de compostaje, alimentación de peces, aves, ranas e igualmente como carne con alta calidad nutricional y a muy bajo costo para la alimentación humana gracias a su gran composición proteica de alto valor nutricional. (1)

La industria farmacéutica las emplea para la elaboración de productos relacionados con la extracción del colágeno, para la fabricación de antibióticos (1).

Este proyecto desea encontrar la combinación de sustrato más favorable para la multiplicación de la Lombriz Roja Californiana, teniendo en cuenta la disponibilidad de materia prima (residuos orgánicos) proveniente de las actividades agrícolas y pecuarias de la finca en la cual se sitúa el proyecto, dado que este es el primer paso para el inicio de un proyecto productivo para la producción y comercialización inicialmente de pie de cría y posteriormente de lombricompuesto, dado el alto

¹ Abono orgánico biológico con un alto contenido de materia orgánica y ácido húmicos en estado natural, por lo que contribuyen de manera decisiva en la fertilidad del suelo mejorando sus propiedades físicas, químicas, y biológicas.

volumen de residuos orgánicos provenientes de zonas aledañas y la sentida necesidad de mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, puesto que la zona se caracteriza por tener suelos ácidos.

1.4 ALCANCE Y DELIMITACIÓN

- ✓ El desarrollo de este proyecto buscara entre los distintos tipos de residuos que se generan en la finca indagar la combinación de sustrato favorece la reproducción de la Lombriz Roja Californiana, pues una vez hallado se podrá escalar la producción de lombriz.
- ✓ La composición de los sustratos a emplear dependerá de la disponibilidad de los residuos generados en la finca donde se realiza el estudio.
- ✓ La proyección en el corto plazo como se dijo anteriormente es buscar conocer cuál es el sustrato en el que mejor se desarrollan y de esta manera empezar a direccionar el proyecto en la cría del animal.

a. Tiempo

Para la realización del proyecto se necesitaron de 2 semestres académicos. La primera parte que consta de la elaboración del anteproyecto, cubrió el semestre académico que inició en el mes de julio del año 2012 y terminó en noviembre del mismo año. La segunda parte del proyecto que consiste en poner en práctica lo propuesto, se desarrolló entre el mes de enero y mayo del año 2013, teniendo en cuenta que algunas actividades se empezaron a realizar desde el mes de Diciembre con el fin de ir adelantando labores como (Secado del pantano, nivelar el piso y delimitación y encajonado de las camas).

b. Lugar y espacio.

Para el desarrollo del proyecto se puede contar con disponibilidad en una finca ubicada a 15 minutos de la ciudad de Popayán, en la vereda de cajete, que cuenta

con un clima templado-frio. En la Finca hay un espacio de 3m x 4m destinado para la construcción de las camas.

1 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Implementar procesos de lombricultura como estrategia productiva que permitan la reutilización ambiental de residuos sólidos orgánicos con una perspectiva económica que involucre el biocomercio para el sector rural colombiano.

2.2 Objetivo del Proyecto

Determinar el sustrato que favorece la reproducción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en una finca del Departamento del Cauca.

2.3 Objetivos Específicos

- ✓ Objetivo 1. Establecer residuos sólidos a emplearse en los sustratos para cría de lombriz, de acuerdo a su disponibilidad y cantidad.
- ✓ Objetivo 2. Identificar las variables técnicas del proceso y elaborar protocolos para su manejo.
- ✓ Objetivo 3. Establecer que sustrato(s) de los propuestos, favorece(n) la producción de la Lombriz Roja Californiana.

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1 ANTECEDENTES

La lombricultura empezó desde la época de Aristóteles en la antigua Grecia debido que se descubrió que la lombriz podría transformar los desechos orgánicos en el humus necesario para alimentar las plantas sin necesidad de químicos que atenten al medio ambiente, definiéndolas como los “intestinos de la tierra”. (2)

Aunque la lombricultura viene desde el antiguo Egipto, la fertilidad del Valle del río Nilo y dar a sus pobladores la posibilidad de utilizar sus tierras en cultivo y cosecha de alimentos, se dio gracias a labor realizada por las lombrices. Esta pudo ser totalmente comprendida hasta el siglo XIX y en su último libro Charles Darwin pudo darse cuenta que en una hectárea de campo, una tonelada de lombrices podrían procesar hasta 250 toneladas de tierra por año.

Fue Carl Von Linneo, 1707-1773, quien en su “sistema natural” (1758), por primera vez incluyó una especie de lombriz, *Lombricus terrestris*. Savigny, (1826), describe una serie de especies de la familia lumbricidae, provenientes de las vecindades de París; publicaciones de mimeografías por Holfmeister, (1845), para Alemania. (3)

En Norte América a partir de 1947 Hugh Carter supo aplicar la técnica de lombricultura, la cual se fue expandiendo por varios países de Europa, América latina y centro América, entre ellos están Cuba, Argentina, Brasil y Colombia que hasta 1991 fue introducida la lombriz roja californiana hasta encontrar los avances que se conocen hoy en día (2).

3.2 MARCO TEORICO

3.2.1 Generalidades de lombricultura. La lombricultura es una actividad que recicla desechos orgánicos permitiendo así obtener un abono natural y/o una carne rica en proteína proveniente de las lombrices, sabiendo que el 80% de su cuerpo corresponde a agua y el 20% restante a materia seca. Los análisis de laboratorio revelan un contenido de 64 a 82% de proteína de muy buena calidad, además de un 7 a 10% de grasa, de 8 a 20% de carbohidratos, de 2 a 3% de minerales, con una energía cercana a 4000 kcal.kg⁻¹ (4).

Si se realiza un ejercicio que explique porque es importante un proceso de lombricultura, se podría decir que de acuerdo a que las lombrices convierten el 60% de todo lo que digieren en abono (sólido y líquido). Por tanto cada 100 lombrices se producirían 60 gramos/día de abono, ósea que de cada 10000 lombrices se producirían 6000 gramos/ día de abono y dando un total de 2190 kilogramos/año de abono (5).

Si se habla de otros elementos claves para la elaboración de lombricultura, se podría decir que el proceso empieza por el pasto, el cual sirve como alimento para animales, como vacas y son las que a su vez excretan boñiga varias veces al día para proporcionar el alimento de las lombrices.

Las vacas pueden llegar a pesar hasta 500 kilogramos en su edad adulta dependiendo de la alimentación, y pueden llegar a producir alrededor del 10% de su peso en boñiga. Pero por lo general excretan entre 25 kg/día y 40 kg/día. (6)

La *Eisenia Foetida* pesa entre 0,24 y 1,4 gr en su edad adulta, consumen una cantidad de alimentos, el cual el 60% se convierte en insumos. Las deyecciones obtenidas se caracterizan por tener 5 veces más de nitrógeno, 7 veces más de fosforo, 5 veces más de potasio y 2 veces más de calcio. (7)

3.2.2 Comercio de la lombricultura .En la lombricultura existen 3 tipos de cultivos en los que se desarrolla y son el escolar, el casero y el comercial (5). El escolar que está relacionado con pequeños experimentos de colegio desarrollados en cajones o canastas donde tienen pocas cantidades de lombrices y buscan enseñar sobre la producción de abono orgánico, el casero que es considerado de una escala mayor al anterior pues este busca constatar teorías y dar soluciones a estudios que todavía no se han desarrollado y por último el comercial que consiste

en grandes producciones de abono orgánico y lombrices que tiene como finalidad la venta y comercialización de estos productos (5).

Algunas personas tienen el vacío de no saber hacia qué mercado objetivo está la venta de lombrices y el de abono orgánico, sabiendo que es bastante extenso debido que frecuentemente es usado dentro del mercado como principal alimento para animales como peces, ranas y pollos por su gran fuente de proteínas que lo componen, en las pescas deportivas es demandado para facilitar las actividades y además es comúnmente usado por agricultores que desean emprender proyectos de esta índole, buscando la opción de compra para producir abono orgánico. Existe el mito de que algunos restaurantes utilizan la carne para realizar hamburguesas, picadillos y embutidos, ya que generarían una alimentación balanceada en los seres humanos, pero esta hipótesis no ha sido comprobada. También la lombriz es demandada por el sector farmacéutico debido que la facilidad que tiene este tipo de animal para regenerarse, da la posibilidad de crear antibióticos que impacten de forma positiva en la restauración de la piel de los humanos y aportando el colágeno que estos necesitan. El abono orgánico es comúnmente comercializado entre agricultores y personas interesadas en la reestructuración de sus suelos. (8)

Las especies más importantes de lombrices para la comercialización son las siguientes:

Tabla 1. Especies más importantes para la comercialización

FAMILIA	ESPECIE
<i>Megascolecidae</i>	<i>Eodrilus eugeniae</i>
	<i>Perionyx excavatus</i>
	<i>Pheretima hawayana</i>
	<i>Pheretima asiática</i>
<i>Lumbricidae</i>	<i>Eisenia foetida</i>
	<i>Lumbricus rubellus</i>
	<i>Lumbricus terrestris</i>

3.2.3 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica para conocer las raíces de donde proviene la lombriz es el siguiente:

- Reino: animal

- Subreino: Metazoos
- Phylum: protagonista
- Grupo: anélido
- Orden: oligochaeta
- Familia: lombriciade

Es importante decir que de las 2,200 especies de lombrices clasificadas hasta el momento se emplean en la lombricultura cinco tipos de ellas: (9)

- *Eisenia foetida* (Savigny 1826) (Roja californiana)
- *Eisenia foetida andrei* (Savigny 1826) (Roja californiana)
- *Eudriluseugeniae* (Kimberg 1867) (Roja africana)
- *Perionyx excavatus* (Perrier 1872) (Roja africana)
- *Lumbricus rebellus* (Hoffmeister) (Roja o nocturna)

Este anélido es hermafrodita insuficiente, siendo bisexual que necesita aparearse para reproducirse, dotado de cinco corazones y seis riñones. La *Eisenia Foétida* es una lombriz extraordinariamente prolifera, muy vivaz, trabajadora, resistente al estrés, tal vez como ninguna otra.

La lombriz roja californiana tiene prevalencia en lombricultivos y proyectos de este tipo por su gran longevidad y facilidad en la reproducción (periodicidad de acoplamiento bajo y alta tasa de producción de cocones). (1)

Tabla 2. Diferencias de longevidad y prolificidad entre distintos tipos de lombrices del género Lumbricidae

	Longevidad (años)	Periodicidad acoplamiento (días)	Número de nacidos
Lombriz Roja	16	7	2 - 21
8000 especies de lombrices comunes (+)	4	45	1 - 4

(+) Incluyendo *Lumbricus rubellus* y *Lumbricus terrestris*. (3)

Fuente: Cruz, M. **Las lombrices como fuente de proteína para sistemas de producción animal en trópicos**. Pág. 128.

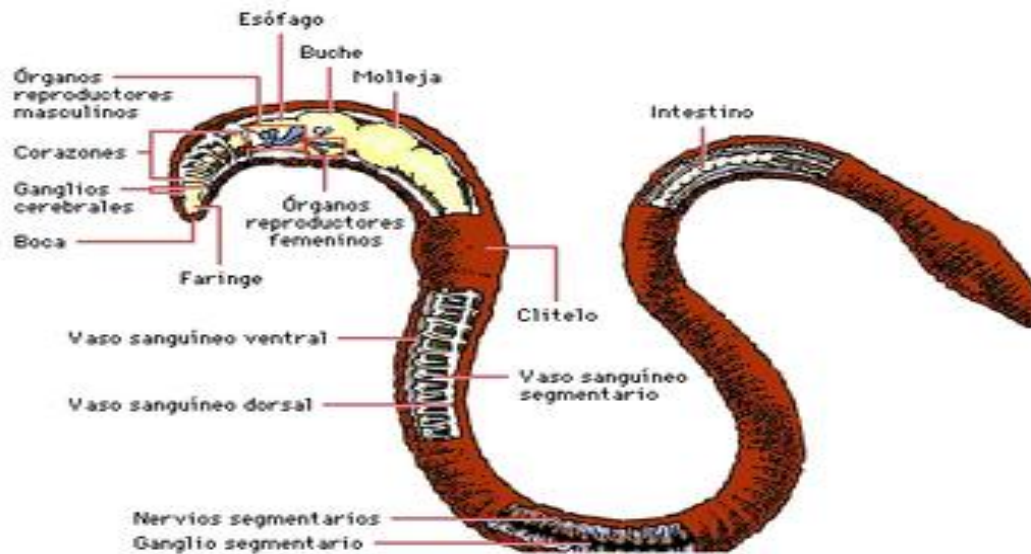
3.2.4 Fisiología de la lombriz

3.2.4.1 Sistema nervioso. Su sistema nervioso está conformado por una especie de ganglios cerebroides el cual transmiten todos los impulsos nerviosos del animal hasta el cordón nervioso que se extiende por todo el cuerpo. las lombrices son foto sensibles y son muy delicadas ante la luz, en especial la roja californiana y la roja africana no asimilan este factor y si son expuestas directamente y por un largo tiempo, entonces reaccionan dejando de realizar sus funciones biológicas en primer instancia o puede terminar ocasionando su muerte, por este motivo ellas en su piel, tienen unos capilares (microscópicas aberturas) que son receptores de información como sonidos y vibraciones; Por tal razón no cuentan con oídos, ni ojos. (2)

3.2.4.2 Respiración. El sistema respiratorio es cunicular, lo que quiere decir que también se realiza mediante la piel y es transportada mediante su sistema circulatorio a todo el cuerpo, realizando a la misma vez la eliminación de CO₂. (2)

3.2.4.3 Sistema digestivo .Este funciona de la siguiente manera, empieza en la boca el cual está conectada con una cavidad bucal el cual recibe el alimento y este procede a ser transportado a la faringe y las fibras musculares donde es humedecido para poder seguirlo desplazando mediante el tracto digestivo. Después pasa al esófago donde desemboca en 3 pares de glándulas calcíferas y estas añaden carbonato de calcio para neutralizar su pH en caso de que se encuentre muy ácido. Por último pasa por el buche, la molleja, el intestino y el ano para ser eliminado. Es importante decir que durante la parte final de este proceso en el alimento recaen enzimas que produce la lombriz para ayudar a la descomposición de una manera más rápida y para tomar las proteínas, los lípidos, la celulosa y los almidones necesarios para la alimentación del animal (5). Las lombrices no tienen dientes, por lo tanto no dañan las raíces de los árboles.

Ilustración 1. Fisiología interna de la lombriz roja californiana.



3.2.4.4 Regeneración. La regeneración es una característica de muchos invertebrados. Las lombrices pueden regenerar una parte de su cuerpo cuando por alguna causa son fragmentadas. Su poder regenerativo es elevado, pueden regenerar órganos o parte de su cuerpo, ya sea la región anterior o posterior. Se ha observado que la región posterior se regenera más rápido que la anterior, pues muchos son los factores que intervienen en la duración de la regeneración de las partes afectadas, entre ellas afectaciones del cordón nervioso, la cantidad de segmentos dañados, la presencia de depresores nervioso como litio, acetilcolina y algunos otros productos químicos empleados como pesticidas, como por ejemplo: el Parathión y di sulfatos. En especies comerciales (*E. eugeniae* y *E. foetida*) se observa que la regeneración es más intensa y corta en individuos juveniles que en adultos, también en estas especies se ha observado especímenes anormales con la presencia de dos extremidades posteriores. Si las lombrices son irritadas mediante un fuerte estímulo pueden sufrir autotomía, es decir, fragmentación del cuerpo y si las condiciones del medio son adversas sufren de latencia o estivación que conducen a la diapausa. (10)

3.2.4.5 Sistema reproductor. El último sistema a mencionar es el reproductor, el cual se encarga de dar origen a nuevas especies en corto tiempo. La lombriz es hermafrodita y tiene sus testículos ubicados cerca de la boca, el órgano reproductor femenino está en la parte opuesta del animal. Al unirse lo que hacen es que ambas lombrices se inyectan los espermatozoides maduros durante el

acoplamiento y lo mantiene hasta la fecundación. El cocón que sale es un huevo de 2 a 4 mm de grosor y tiene forma de pera.

El cuerpo de las lombrices está formado por somitas o anillos (externos e internos), donde el clitelo se ubica por lo general entre el 31 y 37. El sistema reproductor se ubica entre el anillo 15 y el 21 y para el desplazamiento de este animal la lombriz cuenta con cerdas laterales, 2 centrales y 2 dorsales, que serían como una especie de músculos internos que son los que le permiten moverse en ambas direcciones.

3.2.5Ciclo de Vida de la lombriz roja californiana. También se han establecido estudios para evaluar la reproducción de la lombriz, donde se clasificaron las lombrices según su edad. En esta especie existen 4 estamentos que son los siguientes: 1. Cocones, 2. Juveniles, 3. Sub adultos, 4. Adultos. Las lombrices se pueden reproducir de forma activa cuando se encuentran en la última etapa de las nombradas anteriormente.

3.2.5.1 Estadio embrionario. Transcurre en el interior del capullo, donde se encuentran contenidos los embriones. De los capullos de *E. foetida* pueden eclosionar hasta 6 jóvenes lombrices y de *E. eugeniae* hasta 7 en promedio, en dependencia de los diferentes factores.

3.2.5.2 Estadio juvenil. Abarca el resto del ciclo de las lombrices, es decir, desde que nacen hasta que aparece el clitelo, comprende las siguientes fases:

✓ Fases postnatal o juvenil.

Comienza con la emersión de la lombriz y se caracteriza por la escasez de pigmentos en la piel, lo que se observa a través de ésta, algunos órganos terminan con la aparición del clitelo (estructura glandular característica de los anélidos). Se trata de un área glandular más o menos amplia en forma de anillo completo.). Esta fase varía de 51- 75 días a 24 °C. El paso de la fase postnatal juvenil es muy difícil de determinar.

Sobre la longevidad de las lombrices aún queda mucho por investigar, existen discrepancias entre los autores, algunos mencionan que es de 4,5 años, otros 2 años y algunos 20 años. *Eudriluseugeniae* se mantuvo viva reproduciéndose por más de 3 años en el Laboratorio no habiéndose podido determinar por deficiencias del experimento, si el mencionado período fue el final de su vida. (11)

✓ Fase clitelada o subadulto.

Comienza con la aparición del clitelo y se caracteriza por la presencia de esta estructura, así como por la puesta de capullos. En esta fase se observan dos períodos, uno primero en que los animales continúan su crecimiento y dura 130 días y otro más largo, aproximadamente 160 o más días en que los animales pierden peso y tamaño. (11)

✓ Fase senescente, postclitelar o adulta.

Es poco definida pues el decrecimiento en peso y longitud no coincide con la desaparición del clitelo momento en el cual se observan marcas o heridas en el mismo hasta su desaparición. Se ha visto la recuperación de las adultas después de un período de puesta de capullos, finalmente la vida termina con la muerte (11). Las lombrices crecen hasta la 24° semana de su ciclo de vida, su peso disminuye cuando utilizan energía en la época de reproducción (4)

Es importante decir que la lombriz roja californiana cuando nace y sale del cocón mide 1mm y tiene una coloración crema, a los 7 días de haber nacido ya mide 7 mm y su coloración es blanca, a los 15 o 20 días de haber nacido su coloración se torna rosada y ya puede medir entre 12 y 15 mm de largo, a los 90 días ya se encuentra en edad reproductiva y torna su coloración a un rojo oscuro, a partir de este momento el animal se va a reproducir cada 7 días por el resto de su vida (sabiendo que este animal puede vivir máximo hasta 16 años). A los 6 o 7 meses este animal alcanza su medida máxima que se encuentra entre los 5 y 8 cm con un diámetro de 3 a 5 mm y desde esta edad ella ya no crecerá más, sino que se dedicará solamente a la producción de cocones y humus (5). Vive en cautiverio sin moverse de su lecho, madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, depositando cada 7 a 10 días una cápsula con un contenido promedio de 10 huevos, pudiendo llegar a 20, lo que después de 14 a 21 días de incubación eclosionan, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato. (5)

Algunos estudios se guían en desarrollar análisis basados en el crecimiento de las lombrices midiendo su longitud y clasificándolas en grupos, pues si su medida es superior a 2 cm se dice que son animales que están en una edad juvenil - adulta y si es menor a 2 cm se dicen que todavía están en su edad pre juvenil. (5)

Acerca de su reproducción y crecimiento esta varía si es sometida a alimentarse con distintas excretas. Estudios realizados dicen que la lombriz roja californiana crece más rápido si es alimentada con excretas de conejo, mientras que su crecimiento no es muy bueno si es hecho con excretas bovinas o equinas, pero su reproducción es más eficiente debido a que la lombriz alimentada con excretas bovina y equina hace que esta ponga más cocones (huevos) durante su edad reproductiva que si fuera alimentada con excretas de conejo (12). Este fue un

estudio hecho en la habana donde probaron mediante 3 tipos de desechos de animal y llegaron a las conclusiones expuestas anteriormente, igualmente se considera que la reproducción es más efectiva cuando el sustrato solo incorpora un tipo de boñiga que si se realizase con mezclas de estas. (9)

3.2.6 Adecuación de instalaciones. La adecuación del lugar o las instalaciones que se deben construir para la producción de lombrices y humus, deben estar ubicados en lugares cercanos a las fuentes de desechos .Deben ser áreas en la cuales se permita el drenaje de las aguas lluvias y de riego (13).

3.2.7 Condiciones biológicas. La duración de cada uno de los eventos descritos en el ciclo de vida está influida por la acción de los diferentes factores abióticos.

3.2.7.1 Temperatura. Todas las actividades que las lombrices desarrollan se relacionan con la temperatura, desde la fecundidad, su metabolismo, la duración de su desarrollo y la incubación son parte esencial para que estas laboren en óptimas condiciones, por tal razón para que un proceso productivo como este se desarrolle en óptimas condiciones, debe desarrollarse entre los 15°C y 25°C (14).

3.2.7.2 Humedad. Es uno de los factores abióticos más importantes para el desarrollo de las lombrices. Las lombrices de tierra en el medio en que viven se encuentran sometidas a las acciones simultáneas de los agentes climáticos, químicos, etc. El agua es uno de los componentes del cuerpo de las lombrices, constituyendo el 70-75% de su peso vivo, por lo tanto una de las mayores dificultades que tienen estos organismos es la retención de agua para la supervivencia (3).

3.2.7.3 PH. Las lombrices para poder sobrevivir en este medio deben permanecer en una tierra con un pH neutro, pues entre más cerca se encuentre al valor 7, mejores condiciones pueden tener para subsistir, pero como este valor no puede ser estable, se maneja como parámetro un rango entre 5 y 8. Una tierra muy ácida o por el contrario muy básico, puede generar la muerte del animal (3).

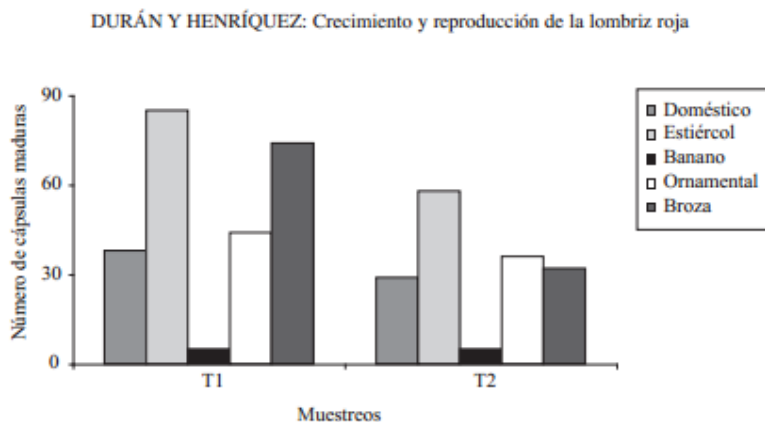
3.2.8 Dieta alimentaria. Ellas acostumbran trabajar sobre la capa de la tierra que es parte de los primeros 80 cm de profundidad y mediante este proceso ellas prefieren tener una dieta de alimentación variada, pero con más tendencia a los desechos animales, pues favorece la ganancia de peso. Este tipo de animal puede alimentarse de distintos tipos de desechos, entre los más comunes según su clasificación son:

Tabla 3. Variedad de la alimentación de las lombrices

Residuos de Animales	Excretas(bovina, Caprina, Caballar, cunicula, de animales exóticos , porcícola, etc)
Residuos Vegetales	Restos de Cosecha, podas de plantas de beneficio de plátano
Residuos Industriales	Industria Azucarera(bagazo) Carpintería (Aserrín)
Residuos Humanos	Basura solida urbana orgánica y lodos Residuales.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Capsulas maduras y viables encontradas durante el proceso de lombricompostaje evaluadas a los 45 (T1) y a los 90 (T2)



En la Ilustración 3 se comparan 5 tipos de sustratos (Domestico, estiércol vacuno, banano, ornamental y broza) y evalúan su efecto en la reproducción de las lombrices, llegando a la conclusión que el estiércol es el que más favorece en su reproducción. Es importante decir que el estiércol era el único desecho de animal

en este experimento, pues los otros correspondían al grupo de desechos vegetales.

Ilustración 3: variación del peso promedio de la lombriz (*EiseniaFoetida*) en 5 sustratos orgánicos a los 45 y 90 días.

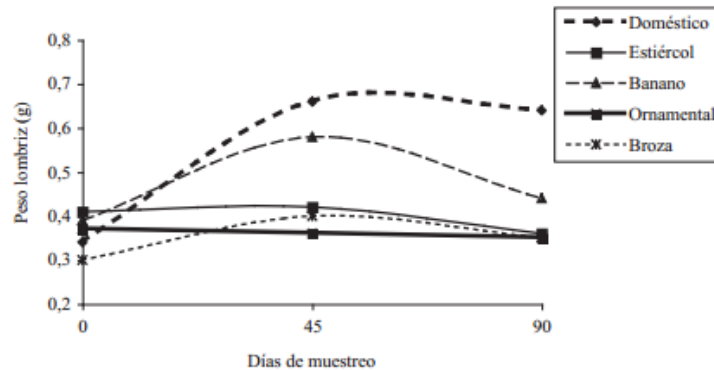


Ilustración 4 se observa que el peso de las lombrices que fueron alimentadas con estiércoles fue constante, el cual es muy positivo, pues habla de que el estiércol es una buena fuente de alimentación que no genera mucha pérdida de energía como si puede ocurrir otro tipo de sustrato (4)

3.2.8.1 Cascara de Papa y Tronco de Plátano. La Cascara de Papa se considera “sin valor” ya que es la parte externa y protectora de la Papa. Lo que muchas personas no saben es que tiene un abundante contenido de almidón el cual es un polvo fino y sin sabor de buena textura que permite elaborar diversos productos. La cáscara contiene una fibra muy buena para la digestión algunos animales la consumen un ejemplo de ello es la Roja Californiana es una fuente de alimentación para estos animales debido a que tiene un gran elevado contenido proteico y vitamina C. (15)

El tronco del Plátano, es rico en hidratos, por lo que da energía y ayuda a que la digestión sea más fácil, permitiendo así facilitar dicho proceso y contribuir a la reproducción de la Roja Californiana.

Ideal para la alimentación de animales debido a que tiene gran porcentaje de agua y nutrientes los cuales hacen que la Roja Californiana se sienta atraída por este.

3.2.9 Condiciones Técnicas de Lombricultura

3.2.9.1 Construcción de camas .Las camas constituyen el espacio en el cual se realiza el proceso de Lombricultura. Se puede utilizar esterilla, guadua o ladrillo en su fabricación; estas deben construirse según la disponibilidad del terreno. En el interior de las camas, se recomienda piso de cemento, tela plástica, esterilla o algún material que permita aislar el cultivo del suelo para evitar el ataque de posibles plagas (planarias, sanguijuelas, hormigas). El piso construido con una pendiente entre 2 y 5 % evita la inundación de la cama cuando se utiliza riego. (16)

Para la preparación de las camas el 60% es Estiércol y el 40% de desechos vegetales. (8)

3.2.9.2 Construcción de techo. El techo se recomienda porque aísla el cultivo de la lluvia directa, proporciona sombra y mejores condiciones para el trabajo de la lombriz. Además, se facilita la manipulación de los materiales. (17)

3.2.9.3 Cerramiento del lugar. Como último componente de la infraestructura tenemos el cerramiento, ya que es conveniente cerrar la caseta con malla para evitar la entrada de aves y otros depredadores (8)

3.2.9.4 sistemas de riego. El sistema de riego puede ser manual o por aspersión. (18)

En el sistema de riego manual es necesario de un trabajador debido a que es una labor muy sencilla, pues en este caso lo único que debe hacer es regar las camas con un balde 2 o 3 veces a la semana según la humedad que estas tengan realizando prueba del puño para constatar que se encuentre balanceada según los requerimientos necesarios para desarrollar lombricultura; esta prueba consiste en tomar un puñado de tierra y exprimirlo hasta el punto de contar la cantidad de gotas que caen y si este valor es superior a 3 o 4 gotas se dice que la tierra se encuentra con niveles adecuados, si al exprimirlo no salen gotas significa que las camas no están humedad y si por el contrario esta es superior a 7 u 8 gotas significa que la humedad es alta, pudiendo verse afectada la vida de las lombrices.

3.2.9.5 Método de separación. Tiene lugar cuando se requiere separar las lombrices del sustrato en el cual se han desarrollado, ya sea porque se desea vender el lombricompuesto, vender pie de cría o iniciar una nueva cama. El método de separación, consiste en dejar de alimentar los animales por unos 4 días máximo, cuando esto ocurra se debe establecer una malla y arrojar bastante

comida fresca sobre ella. Después debe esperar a que los animales penetren en el alimento, una vez esto ocurra se levanta la malla en la que se encuentra el alimento y se deja el abono solo en las camas. Mientras tanto las lombrices se ponen en otro lugar temporal durante la recogida del producto. Este proceso se debe desarrollar 2 veces para conseguir separar la totalidad de las lombrices. (2)

3.2.10 Enemigos de la lombriz roja californiana. Las lombrices se caracterizan por tener gran variedad de enemigos, entre los más comunes están los roedores como ratas que se encargan de revolver las camas buscando fuente de alimentación.

Los agentes químicos también son una gran amenaza para las lombrices debido que la sobreabundancia de estos genera envenenamiento del compost afectando la supervivencia del animal.

Por último están los insectos como hormigas, cucarachas, entre otros, son competencia de la lombriz en busca de alimento y espacio en el lecho. En el caso de fumigar se pueden evitar la llegada de nuevos insectos, pero debe hacerse de manera adecuada para no ir a afectar la supervivencia de las lombrices. (5)

3.2.11 Diseño experimental. El diseño de experimentos es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente. Esta metodología se ha ido consolidando como un conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería, que permiten entender mejor situaciones complejas de relación causa-efecto. (19)

El diseño experimental es una manera que usan las personas en distintas aplicaciones como la industria, la agricultura, la tecnología, para dar solución a un problema o encontrar las causas de este (relaciones causa- efecto). Para realizar un diseño de experimentación se debe tener en cuenta que siempre hay dos tipos de factores, los independientes y las dependientes. Los factores independientes representan los tratamientos a realizarse y es la que le va ayudar al factor dependiente a obtener respuestas de lo que se planea investigar. El investigador se encarga de llevar un control detallado de este factor, pues un descuido puede generar grandes cambios en el proceso.

3.2.11.1 Unidad Experimental. La unidad experimental es la unidad básica sobre la cual se efectúa el proceso de medida, es decir donde se realiza el experimento. Puede ser desde espacios físicos, personas, cosas abstractas o intervalos de tiempo (20)

3.2.11.2 Diseño de Completamente al Azar. El Diseño completamente al azar solo considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

Se llama completamente al azar porque todas las corridas experimentales se realizan en orden aleatorio completo; en apariencia no existe ninguna restricción a la aleatorización, es decir, si durante el estudio se hacen en total N pruebas, estas se corren al azar, de manera que los posibles efectos ambientales y temporales se repartan equitativamente entre los tratamientos.

A los factores adicionales al factor de interés que se incorporan de manera explícita en un experimento comparativo se les llama factores de bloque anteriormente denominados variables.

Los factores de bloque participan en el experimento como actores secundarios con respecto al factor de interés y en ese sentido se puede decir que se estudia un solo factor.

3.2.11.3 Variables, factores, niveles. Se denomina factor tratamiento a cualquier variable de interés para el experimentador cuyo posible efecto sobre la respuesta se quiere estudiar. Los niveles de un factor tratamiento son los tipos o grados específicos del factor que se tendrán en cuenta en la realización del experimento. Los factores tratamiento pueden ser cualitativos o cuantitativos.

El factor independiente consiste en reflejar los resultados de la investigación y este factor se mide y se busca que sea con alto grado de precisión, así es como el instrumento y el proceso de medición debe estar muy bien definido.

Otro tipo de factores son los intervinientes que son aquellos que no van directamente relacionadas con la finalidad del proyecto, pero que son importantes debido que pueden afectar con el normal desarrollo en caso de que una de estas cambie

A la vez es importante saber que existen Factores No Controlables son variables que no se pueden controlar durante el experimento o la operación normal del proceso. Algunos factores que usualmente tienden a ser no controlados son las variables ambientales como: luz o partículas. Dentro de este grupo también se puede encontrar factores como el ánimo de los operadores, la calidad del material que se recibe del proveedor. Un factor que ahora es no controlable puede convertirse en controlable cuando se cuenta con el mecanismo o la tecnología para ello.

Algo que se debe tener en cuenta es que para que el factor dependiente tenga óptimos resultados, debe darse un excelente planteamiento del diseño en general y establecer muy bien la variable independiente, pues como lo dice su nombre el factor dependiente depende del independiente y de cómo este se comporte. (19)

3.2.11.4 Clasificación de los Diseños de Experimentos

- Diseños para comparar dos o más tratamientos.
- Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre las respuestas.
- Diseños para determinar el punto óptimo de operación del proceso.
- Diseños para la optimización de una mezcla.
- Diseños para hacer el producto o proceso insensible a factores no controlables. (21)

3.2.11.5 Aspectos que influyen en la Selección de Experimentos

- ✓ El objetivo del experimento
- ✓ El número de factores a estudiar.
- ✓ El número de niveles que prueban en cada factor.
- ✓ Los efectos que interesa investigar (relación factores –respuesta).
- ✓ El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

3.2.11.6 Análisis de Varianza

La Hipótesis se prueba con un análisis de varianza con dos criterios de clasificación, ya que se controlan dos fuentes de variación: Factor de Tratamientos y el Factor de Bloque

Tabla 4. Tabla ANOVA para Diseño Completos al Azar

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Cuadrado Medio	Fo	Valor P
Tratamientos	SC_{TRAT}	k-1	CM_{TRAT}	$Fo = CM_{TRAT} / CM_E$	P (F > Fo)
Error	SC_E	(k-1)(b-1)	CM_E		
Total	SC_T	N-1			

- ✓ Formulación

- 1) SCT: Suma de cuadrados total
- 2) SCTr: Suma de cuadrados entre tratamientos
- 3) SCR: Suma de cuadrados dentro de los tratamientos o residual (error).
- 4) CMT: Cuadrado medio total: $CMT = SCT / (N - 1)$
- 5) CMTr: Cuadrado medio entre tratamientos: $CMTr = SCTr / (I - 1)$
- 6) CMR: Cuadrado medio residual o del error : $CMR = SCR / (N - I) \quad (22)$

3.2.11.7 Etapas del Diseño de Experimentos **(19)**

✓ Planeación y Realización

Entender y delimitar el problema u objeto de estudio: En la etapa de planeación se deben hacer investigaciones preliminares que conduzcan a entender y delimitar el problema u objeto de estudio.

Elegir las variables de respuesta que será medida en cada punto del diseño y verificar que se mide de manera confiable: Es vital, ya que ellas permiten o se refleja el resultado de las pruebas. Por eso es importante elegir aquellas variables que reflejen el problema o que mejor lo caractericen.

Se debe garantizar que los instrumentos o métodos de medición son capaces de repetir y reproducir una medición, que tiene la precisión (error) y exactitud (calibración) necesarias.

Determinar cuáles factores deben estudiarse o investigarse, de acuerdo con la supuesta influencia que tienen sobre la respuesta.

Seleccionar los niveles de cada factor, así como el diseño experimental adecuado a los factores que se tienen y al objeto del experimento: Este paso implica determinar cuántas repeticiones se harán para cada tratamiento, teniendo en cuenta el tiempo, el costo y la precisión deseada.

Planear y Organizar el Trabajo Experimental: Con base en el diseño seleccionado, organizar y planear con detalle el trabajo experimental.

Realizar el Experimento: Seguir al pie de la letra el plan previsto en la actividad anterior, y en caso de algún imprevisto, pues tomar las medidas pertinentes para reportar.

✓ Análisis

En esta etapa es importante saber que los resultados experimentales son observaciones muestrales, no poblacionales. Por eso se debe recurrir a métodos estadísticos inferenciales para ver si las diferencias o efectos muestrales son lo suficientemente grandes para que garanticen diferencias poblacionales. La técnica estadística central en el análisis de los experimentos es el llamado análisis de varianza (Anova). (23)

✓ Interpretación

Después de llevar a cabo el análisis estadístico, en esta etapa lo que se hace es analizar cuidadosamente y detalladamente lo que ha pasado en el experimento, desde contrastar lo inicial con los resultados del experimento, hasta observar los nuevos aprendizajes obtenidos y verificar supuestos eligiendo el tratamiento ganador. (23)

✓ Control y Conclusiones Finales

Para finalizar el proceso experimental se recomienda decidir qué medidas implementar para generalizar el resultado del estudio y para garantizar que las mejoras se mantengan. (24)

3.2.11.8 Supuestos acerca del Modelo de Completamente al Azar

3.2.11.8.3 Normalidad: Los valores resultados del experimento provienen de una distribución de probabilidad Normal con media y variancia.

3.2.8.4 Independencia: Los resultados observados de un experimento son independientes entre sí.

Independencia de los Residuos. Para ejecutar esta prueba objetiva sobre la independencia de los errores se asume que las observaciones y así los residuales tienen un orden natural tal como el tiempo o espacio. La prueba de Durbin-Watson tiene como estadística de prueba

Ecuación 1. Estadístico de Prueba

$$d = \frac{\sum_{i=2}^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_{i=1}^n e_i^2}$$

Se puede demostrar que:

- ✓ El valor de d esta siempre en el intervalo $0 \leq d \leq 4$
- ✓ Si los residuales son positivamente correlacionados, entonces d será cercano a 0 y los residuales tienden a ser parecidos.
- ✓ Si los residuales son negativamente correlacionados, entonces d será cercano a 4 y así $4-d$ será cercano a 0. Además los residuales tienden a ser muy diferentes.
- ✓ La distribución de d es simétrica alrededor de 2.

3.2.8.5 Variancias Homogéneas (Homocedasticidad): Las diversas poblaciones generadas por la aplicación de dos o más tratamientos tienen variancias homogéneas (variancia común).

Prueba de Bartlett. Es un procedimiento estadístico que se utiliza para probar la desigualdad de varianzas se define como:

H_0 : Los residuos de cada tratamiento tienen la misma varianza.

H_a : Los residuos no tienen la misma varianza

El estadístico de prueba se define como:

Ecuación 2. Estadístico Prueba de Bartlett

$$U = \frac{1}{C} \left[(N - k) \ln(s^2) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \ln s_i^2 \right]$$
$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left(\sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i - 1} - \frac{1}{N - k} \right)$$

Cuando la hipótesis nula es cierta, el estadístico tiene distribución aproximadamente de χ^2 con $k - 1$ grados de libertad; cuando el muestreo se realiza en poblaciones normales, la aproximación es buena para muestras bastante pequeñas. No requiere que los tamaños de las muestras sean iguales. Es muy sensible a alejamientos del supuesto de normalidad

Si tenemos evidencia fuerte de que los datos vienen de hecho de una distribución normal, o casi normal, entonces la prueba de Bartlett tiene un buen desempeño. (25)

Prueba de Levene Homogeneidad de Varianzas. Esta prueba se utiliza para probar hipótesis acerca de la igualdad de varianza de una variable. La hipótesis nula para la prueba de homogeneidad de varianza es que Los residuos de cada tratamiento tienen la misma varianza mientras que la hipótesis alternativa por su parte afirma que los residuos no tienen la misma varianza.

Pasos:

- ✓ Calcular la diferencia (en valor absoluto) entre cada valor y la media de su grupo:

Ecuación 3. Valor Absoluto

$$D_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_j|$$

Dónde:

X_{ij} : es la puntuación del sujeto i perteneciente al grupo j .

\bar{X}_j : es la media del grupo j .

3.2.11. 9 Pruebas para un Diseño Complementos al Azar

3.2.11.9.1 Métodos de Comparaciones múltiples. Diferencia Mínima Significativa

Es el método que se define como la diferencia mínima que podría existir entre dos medias de muestras significativamente diferentes. Consiste en dos etapas:

- ✓ Etapa I: Es probar $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_m$ por la prueba F de tamaño α , si el valor F no es significativo se termina el análisis. Si el valor F es significativo, entonces sigue la etapa II.
- ✓ Etapa II: Se prueba cada comparación simple $H_0: \mu_{(i)} = \mu_{(j)}$ por una prueba t al nivel de significancia del α , y con los grados de libertad (g) del CMEE (en un DCA $g.l = r(t-1)$, en un bloque $g.l = (r-1)(t-1)$).

Esta prueba determina el valor mínimo necesario para considerar diferentes dos o más tratamientos y lo utiliza para comparar los diferentes pares de medias que se deseen evaluar. Las medias que se comparan son las que han sido planeadas antes de ejecutar el experimento, por ello es una prueba para comparaciones planeadas. (25)

3.2.11.9.2 Prueba T Student. Se usa la prueba t de Student para la diferencia entre medias cuando las varianzas no son diferentes cuyo estadístico de contraste es:

Ecuación 4. Estadístico de Contraste

$$t = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{S_{\Delta X}}$$

Además, si se considera $n_i = n_j = n$, entonces:

Ecuación 5. T Student

$$t = \frac{\bar{X}_2 - \bar{X}_1}{\sqrt{\frac{2s^2}{n}}}$$

Si este valor calculado es mayor que el valor teórico (de tablas) decimos que la diferencia entre m 1 y m 2 es significativa. Así, la DSM puede considerarse como la menor de las diferencias, es decir:

Ecuación 6. Ecuación de DSM

$$DSM = |\bar{X}_i - \bar{X}_j| = t \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$$

Ecuación 7. DSM Final

$$DSM = t_{1-\frac{\alpha}{2}, Error} \sqrt{\frac{2CM_{Error}}{n}}$$

- ✓ Calcular la media de las diferencias de cada grupo:

Ecuación 8. Media de las Diferencias de cada Grupo

$$\bar{D}_j = \frac{\sum D_{ij}}{n_j}$$

Dónde:

$\sum D_{ij}$: es la suma de las puntuaciones D en el grupo j.
 n_j : es el tamaño del grupo j.

- ✓ Calcular la media total de las diferencias:

Ecuación 9. Media Total de Diferencias

$$\bar{D}_t = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k D_{ij}}{N}$$

Dónde:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k$$

Dij: es la suma de las puntuaciones D de todos los sujetos.

N: es la suma de todos los sujetos.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1 MARCO LÓGICO

	enunciado del objetivo	Indicadores		medio de verificación	supuestos
		enunciado (dimensión /ámbito de control)	formula calculo		
FIN	OBJETIVO GENERAL	Implementar procesos de lombricultura como estrategia productiva que permitan la reutilización ambiental de residuos sólidos orgánicos con una perspectiva económica que involucre el biocomercio para el sector rural colombiano.			
PROPOSITO	OBJETIVO PROYECTO	Determinar la mezcla de sustrato que facilitara la reproducción de la lombriz roja californiana (<i>Eiseniafoetidafoetida</i>) en una finca del Departamento del Cauca.			
COMPONENTES	OBJETIVOS ESPECIFICO 1: Establecer residuos sólidos a emplearse en la cría de lombriz de acuerdo a su disponibilidad y cantidad.				

ACTIVIDADES 1.1	Establecer los materiales disponibles	Elección de los tipos de desechos a usarse en el experimento	De la variedad de desechos con las que se alimentan las lombrices normalmente, se elige un desecho animal, dos vegetales para realizar el experimento	No aplica	Los vecinos no nos puedan proporcionar la boñiga necesaria, como el troncho sale del plátano, es posible que se agote
ACTIVIDADES 1.2	establecer la cantidad del material y la frecuencia	Cantidad de boñiga, pasto y troncho necesaria para la alimentación de las lombrices	Se mide mediante una balde la cantidad exacta de boñiga correspondiente a 10 cm en una cama de 1m por 1m, la misma labor se realiza con el troncho y pasto	<ul style="list-style-type: none"> - Pesa - Metro 	Agentes externos: Paro en la carretera puede impedir el desplazamiento hacia a la finca.
COMPONENTES	OBJETIVOS ESPECIFICO 2: 2 Identificar las variables técnicas críticas del proceso para elaborar los protocolos para su manejo.				

ACTIVIDADES 2.1	Revisión de la literatura para identificar las variables técnicas del proceso.	Obtener las variables técnicas y biológicas en el proceso de la lombricultura	Revisión mediante documentos en internet	No aplica	Encontrar variables, no medibles que se deben dejar el proceso.
ACTIVIDADES 2.3	Llevar control semanal de las variables técnicas del proceso	-Control de análisis poblacional - control de pH. -control de temperatura. -control de humedad	-Se toma muestras de 1kg de sustrato con lombriz y después son separadas para medir el peso de las lombrices solas - Toma de temperatura semanal. - toma de humedad semanal. - toma de pH semanal.	- Gramera. - Termómetro. - Prueba de puño. - pH-metro.	Que los valores encontrados no sean favorables.
COMPONENTES	OBJETIVOS ESPECIFICO 3: Evaluar las mezclas estadísticamente de acuerdo a la población de lombrices.				

ACTIVIDADES 3.1	Realización del diseño de experimentos y su documentación	La mejor opción de sustrato que influye en la reproducción de las lombrices	Insertar los valores recolectados en el programa y verificar resultados	Minitab	No encontrar variabilidad entre los resultados obtenidos.
ACTIVIDADES 3.2	Estimación de costos del proyecto.	Costos totales del proyecto	Obtener los valores correspondientes a costos de mano de obra, materiales e insumos.	Hojas de cálculo Microsoft Excel 2010	No contar con el presupuesto total para la realización del proyecto.

ANEXO A

ANEXO A. 1

4.2 ETAPAS DEL PROCESO

4.2.1 Selección del Lugar Apropriado. La localización del lugar es un factor de gran importancia, ya que está determinado por la magnitud y proyección del área de cultivo. Para seleccionarse debe tenerse en cuenta los requerimientos de la lombriz, conociendo las características y hábitos de vida de ellas, así se podrá adecuar el lugar óptimo para su establecimiento.

Requerimientos básicos del área son:

- ✓ Buen drenaje: Como el clima es tan variable y puede suceder que hayan épocas de sequía, de lluvia, y considerando que cuando llueve se pueden producir inundaciones, es requisito que el área se encuentre en una zona elevada con buen drenaje, además establecer zanjas de drenaje de agua buscando desvío y evitando inundaciones.
- ✓ Protección contra exceso de sol: Las lombrices son más activas en la oscuridad y son susceptibles al sol, por lo tanto se deberá escoger un lugar sombreado ya que las protege contra la fuerte iluminación.
- ✓ Suministro de agua: Las lombrices respiran por la piel que debe estar húmeda, el 70% de su peso es agua por lo tanto requieren de abundancia de este factor, para realizar las actividades de digerir alimentos y mantenerse en una temperatura adecuada.
- ✓ Fuentes de alimentación: El establecimiento de un área de cría debe contar con suficiente materia orgánica biodegradable disponible cercana al lugar.
- ✓ Mantenimiento: El área de lombricultura como las demás áreas deben mantenerse limpia de residuos que puede dañar o afectar el funcionamiento de estas, ya que puede generar en plaga de animales ajenos a la actividad: ratones, etc. (9)

4.2.2 Distribución y organización. El área destinada a producir humus y lombrices puede ser estructura de las dimensiones deseadas, de acuerdo al propósito y las necesidades del lugar.

Existen 4 zonas importantes

- ✓ Área de Cría
 - Pie de Cría.
 - Extensión.

- ✓ Producción
 - Procesamiento.
 - Almacenamiento de Productos.

- ✓ Área de Servicios
 - Área de estacionamiento de equipos útiles o herramientas de trabajo.

- ✓ Estercoleros.

4.2.3 Contenedores. Los contenedores son aquellos que tienen la función de abrigar los pies de cría, estos pueden ser diversos, de acuerdo a la posibilidad del lugar. (Cajas de Madera, Cajas plásticas, Contenedores de concreto), en este caso se nombra que son los contenedores, pero no van a ser necesarios, debido que se construyeron camas en guadua.

4.2.4 Lechos o Camas. Los lechos o las camas pueden ser construidas con laterales de tablas de palma u otros recursos, como son permanentes deben estar protegidos de los factores ambientales. Su tamaño puede variar pero no se recomienda que sean de más de 1 metro de ancho, generalmente de 75cm y 70cm de alto. Si el manejo es manual se recomienda que los contenedores se coloquen en filas dejando una separación de 1m. En esta caso se construirán las camas con una altura de 50 cm.

4.2.5 Característica del área de extensión. El área de extensión es donde se lleva a cabo la cría extensiva de lombrices para la producción de humus. Si el área no tiene sombra natural ni protección forestal entonces se deberá crear estas condiciones para desarrollar de manera óptima la cría de lombrices.

4.3 Preparación.

Las camas deben tener un buen drenaje; a los contenedores se le harán orificios en el fondo para poder que tengan buen drenaje, para hacer esta tarea hay que ser muy cuidados.

4.4 Edificación

Los pías de cría deben instalarse en un área bajo sombra, esta puede ser de construcción de madera y hojas de palma, una instalación semejante a invernaderos, etc. El objetivo de esta estructura de construcción es brindar la mayor seguridad en la preservación de los pies de cría ante la variabilidad del tiempo, que en condiciones de trópico son en ocasiones severas.

En esta construcción también hay que tener un espacio destinado para el secado del humus, su tamizado y empaquetamiento así como para el almacenaje.

4.5 Alimento

Las lombrices destinadas para la lombricultura son las epigeas las que viven en la superficie y por ello presentan alta tasa reproductiva, intensa coloración, estas se alimentan de productos de desechos previamente fermentados (compostas orgánicas) biodegradables como:

- a) Excretas de animales (vaca, cerdo, conejo, caballo, ovino, palomina).
- b) Residuos vegetales (pseudotallo de plátano, pulpa de café, frutas, vegetales, bagazo, bagazillo, etc.)
- c) Residuos industriales (cartón, papel, textiles).

Las lombrices para su desarrollo necesitan de alimentos con suficiente proteínas, vitaminas, celulosa. El contenido proteico no debe ser superior al 15% pues dañaría a las lombrices hasta tal punto de ocasionarles la muerte.

4.5.1 Condiciones óptimas del alimento

- ✓ Contenido de humedad: Mezcla por encima del 80%. A pesar de que el estiércol se almacena para asegurar la alimentación de las lombrices, este debe humedecerse para facilitar la fermentación.
- ✓ Consistencia: Debe estar lo más suelto posible. En ocasiones el estiércol esta suelto, por el bajo contenido de agua y permanece intacto al almacenarse, no fermenta por la falta de humedad.
- ✓ Temperatura: La temperatura óptima del sustrato es entre 20 y 25 ° C, hay que tener mucho cuidado pues en procesos de fermentación las temperaturas se elevan y pueden aumentar el calor de las camas.

- ✓ Alcalinidad o acidez: La escala de pH se da en una escala de 0-14, la lombriz vivirá en un pH 6.5-8.5.
- ✓ Sustancias tóxicas: Es de vital cuidado que los productos que servirán de alimento para las lombrices no se encuentren contaminados con químicos y tóxicos.
- ✓ Como norma se debe alimentar las camas una vez por semana, depositando superficialmente una capa de 10/15 cm de materia orgánica.

4.5.2 Cantidad y frecuencia de alimentación. Se deben alimentar las camas o contenedores una vez cada semana o cada 15 días depositando superficialmente una capa de 10-15 cm de materia orgánica. Al suministrar el alimento no debe cubrirse toda la superficie, sino dejar bordes sin alimentar, recuerde que las lombrices necesitan oxígeno y al depositar una capa continua en la superficie es como si cubriéramos totalmente con alguna tapa impidiendo la salida de los gases que se producen en el proceso fermentativo y de alimentación, pudiendo dañar las crías.

Es necesario verificar la necesidad de alimentar las crías, pudiendo reducir el ciclo de alimentación. Esto se puede verificar por la apariencia de la superficie del sustrato. Cuando el alimento está degradado toda la materia que encontramos es casting, es decir deyecciones de las lombrices

Cuando aparecen espacios en la superficie sin alimento aunque aún queden en otros lugares, es indicio de que las lombrices no tienen alimento y es necesario agregarle.

4.6 Pié de Cría

El pié de cría es la población inicial (cantidad de lombrices) con lo que se inicia la cría, en el proceso de lombricultura generalmente se concederá un pié de cría 1 kg de lombrices. El sustrato puede ser el propio casting o una mezcla de diferentes materiales procesados que aseguren la higiene del pié de cría seleccionado.

Las lombrices pueden trasladarse como equipaje de mano o contenedores de mayor tamaño de material aislante (El traslado de las lombrices debe llevarse a cabo en las primeras horas de la mañana o de la noche, para evitar que los cambios de temperatura las afecte).

4.6.1 Inoculación. La inoculación es el procedimiento mediante el cual ponemos las lombrices por primera vez en nuestros contenedores de pié de cría. En el momento de recibirlos deben estar creadas las condiciones para la siembra.

Los contenedores deberán estar listos para depositar en ellos el pié de cría, que lleva tiempo en su traslado. Es decir, abiertos los orificios y con 7 días de antelación y haber depositado una capa de 10/15 cm de casting o de excretas degradadas de más de 3 meses. La inoculación se realizará con 1 kg de lombrices por m².

El paso siguiente es cubrir la superficie con algún compuesto o cobija que proteja de la erosión, y del ataque de animales. Las cobijas tienen varios objetivos entre los cuales está amortiguar el golpe fuerte del agua de lluvia, mantener un microclima húmedo entre la superficie del sustrato y protege a las crías de la incidencia directa de los rayos del sol y animales que llegan en busca de alimentos.

El fin del ciclo poblacional está enmarcado para un óptimo aprovechamiento, en 90 días a partir de la siembra, momento en el cual el crecimiento de la población es máximo y a partir de ahí decrece esta, ya que el espacio se convierte en una limitante para su crecimiento.

4.7 Riego. El riego debe ser periódico y emplearlo además para controlar la temperatura. Si la temperatura del sustrato aumenta debe bajarse con varios riegos en el día. Las lombrices deben humedecerse hasta 80% de humedad.

5 ADMINISTRACION DEL PROYECTO

5.1 Recursos disponibles: humanos, económicos y tecnológicos.

Los recursos humanos disponibles el desarrollo del proyecto consta de dos estudiantes de ingeniería industrial encargados de dar ejecución a este, también hace parte dos tutores (temático y metodológico), el cual son guía y están encargados del buen desarrollo de cada uno de los objetivos. Además el dueño e inversionista del proyecto monitorea semanalmente que el proyecto crezca de forma satisfactoria y por último se encuentra el mayordomo encargado de realizar oficios varios durante el transcurso de la semana, dando apoyo en la ejecución de las actividades como alimentación y regar agua en las camas.

Para llevar a cabo el proyecto se cuenta con un capital destinado para realizar compras de equipos y herramientas necesarias para la ejecución de este. Así como también estará destinado para el pago de trabajadores y personal de apoyo. Para la realización de algunas actividades como la siembra de pie de cría y boñiga deben comprarse algunos insumos como las lombrices para tener un óptimo desarrollo y por último algunos de los recursos económicos serán usados para el transporte de todos los implementos nombrados anteriormente.

Los recursos tecnológicos son los siguientes:

- ✓ Gramera (máximo 1 kg).
- ✓ Papel pH (rango de 1-14).
- ✓ Pie de metro.
- ✓ Escalímetro.
- ✓ Mantillas de calentamiento.
- ✓ Palas y rastrillos de jardinería.
- ✓ Regaderas.
- ✓ Mangueras.
- ✓ Tanques para el sistema de riego.

Estas herramientas y equipos son esenciales para el buen funcionamiento del proyecto, pues son las que permiten desarrollar las actividades propuestas en cada uno de los objetivos planteados.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 OBJETIVO 1: ESTABLECER RESIDUOS SÓLIDOS A EMPLEARSE EN LA CRÍA DE LOMBRIZ DE ACUERDO A SU DISPONIBILIDAD Y CANTIDAD.

Tabla 5: Disponibilidad en materia prima para el lombricultivo.

Disponibilidad de materia prima	
Boñiga	125 kilos por semana
Pasto	25 kilos por semana
Troncho	2 kilos por semana
Cascara de papa	500 gramos por semana

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la disponibilidad de materia prima se tiene 4 componentes principales que son la fuente de alimentación de los anélidos en este proyecto específicamente. En la finca donde se desarrolló el proyecto los materiales disponibles son pasto de corte, troncho y cascara de papa en distintas proporciones. El pasto resulta de la poda que realizan en la finca cada 2 meses y puede salir alrededor de 50 kilos en cada poda, que si se saca la proporción semanal daría un equivalente a 25 kilos por semana.

El troncho producto del tallo de la planta de plátano, no se obtiene en grandes proporciones a comparación de los otros materiales, pero semanalmente se puede obtener el suficiente para alimentar las camas que van a tener este producto. El motivo de haber elegido el troncho es porque al tener un contenido de humedad alto, favorece la retención de humedad en las camas.

La cascara de papa se obtiene semanalmente alrededor de 500 gramos y hacen parte de los desperdicios de papa utilizada por las personas que habitan en la finca y lo sacan como residuo de cocina, por esa razón se decidió manejar este desecho como parte del proyecto, pues se obtiene con facilidad. Por último se habla de la boñiga como principal material para el experimento, esta se obtiene como producto de fincas ganaderas vecinas, la cual no la proporcionan sin costo en cantidades suficientes para alimentar las lombrices. Para buscar este material los estudiantes deben cada 30 días recoger la boñiga en costales, transportarla y almacenarla; si se habla en cantidades proporcionales a una semana, se podría decir que se obtienen 125 kilos de boñiga semanales.

Las lombrices no se tienen en cuenta como materia prima del cuadro mostrado en la Tabla 4, ya que este se obtiene una vez al inicio del proyecto y se espera establecer el pie de cría, lo que quiere decir que se empiezan a reproducir. Mientras que para los otros elementos si se tiene que desarrollar un trabajo semanal para cumplir con la disponibilidad necesaria para la alimentación de las lombrices en las camas.

6.1.2 Composición de los sustratos a evaluar

- ✓ Sustrato 1: lombrices alimentadas con boñiga de vaca en un 100%.
- ✓ Sustrato 2: lombrices alimentadas con boñiga en un 70% y 30% pasto de corte.
- ✓ Sustrato 3: lombrices alimentadas con boñiga en un 50% y el otro 50% con pasto de corte, cascara de papa 500 gramos y troncho (tallo de plátano) 2 kilos.

La disponibilidad de los residuos generados por la finca fue determinante para conocer las cantidades en las que sería proporcionada cada cama, pues la necesidad de obtener un valor agregado en la multiplicación de la lombriz roja californiana mediante el uso de estos desechos y saber cuál era el que más la favorecía en su reproducción, llevó a constituir 3 tratamientos distintos y evaluarlos mediante herramientas estadísticas. El proceso de alimentación de los animales será explicado más adelante. Las proporciones para cada uno de los tratamientos fueron seleccionadas por el señor Carlos Jaramillo encargado de proyectos de lombricultura de la Universidad Nacional, el cual aconsejó los valores dichos anteriormente, a partir de la disponibilidad de sustratos con los que contaba la finca, para hallar diferencia significativa en los resultados del experimento cuando se fuera a concluir.

6.2 OBJETIVO 2: IDENTIFICAR LAS VARIABLES TÉCNICAS CRÍTICAS DEL PROCESO Y ELABORAR LOS PROTOCOLOS PARA SU MANEJO.

Se identificaron las variables técnicas que de acuerdo a lo encontrado en la revisión de literatura pueden tener influencia en el desarrollo del proyecto, para algunas se elaboró un protocolo para su manejo.

6.2.1 Dimensión de las camas. Para el desarrollo de este objetivo lo que se planteó fue encontrar las dimensiones con las que se construirían las camas. La literatura dice que para construir un lombricultivo enfocado solamente a la producción de abono orgánico

debería construirse camas de 1m de ancho por 2 o 3 metros de largo y unos 40 cm de altura (14) , pero el diseño del proyecto ante la disponibilidad de espacio está enfocado en desarrollar un experimento en el que construyeron camas de 1m de ancho (el cual sigue igual que la literatura) x 1m de largo y 50 cm de altura.

Para estandarizar el proceso de la Reproducción de La Lombriz Roja, se estableció un protocolo en el cual se explica las funciones que debe realizar la persona encargada de llevar un seguimiento a las variables de estudio y cuidado del lombricultivo. Dicho protocolo fue el siguiente:

Cuidado del Lombricultivo

- ✓ Explicarle al encargado de la Finca, los cuidados y seguimientos que debe tener para el cuidado con la Lombriz.

6.2.2 Humedad

- ✓ La humedad debe estar entre el 60% y el 80%, pues estos son animales que necesitan de sustratos húmedos para poder desplazarse con facilidad (26). Además que la mayor parte de su cuerpo está conformado de agua y lo necesitan para el desarrollo de sus procesos metabólicos y funcionales.

Para llevar el Seguimiento de la humedad, el encargado humedece las camas dos veces por semana, se especificó que sea los días miércoles y domingo, debido que esta labor debe ser realizada cada 3 o 4 días, siendo proporcional al número de días de la semana. El encargado revisa la cama antes de humedecer realizando la prueba del puño que consiste en tomar muestras de sustrato y cerrar la mano, contando la cantidad de gotas que salen al presionar el sustrato. Una vez realizada la prueba se espera que el resultado de la prueba este alrededor de 4 gotas de ser así no se humedecen las camas de lo contrario el encargado deberá humedecer las camas y volver a realizar la prueba para verificar que este en el punto óptimo como dice la literatura (alrededor de 4 gotas).

Se diseñó un formato para llevar a cabo el seguimiento semanal de la humedad de las camas, el cual consiste en registrar la cantidad de gotas que salen al presionar el sustrato, si al realizar la prueba arroja más de 8 gotas significan que es muy alta la humedad, pues debe de estar alrededor de 4 gotas para obtener una humedad adecuada.

Tabla 6. Formato control semanal de humedad

	CONTROL SEMANAL DE LA HUMEDAD (GOTAS/CAMA)					
	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 6
Fecha 1						
Fecha 2						
Fecha 3						
Fecha 4						
Fecha 5						
Fecha 6						
Fecha 7						
Fecha 8						

Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Temperatura

- ✓ Hacer un seguimiento a la temperatura de las camas. Se escoge cuatro puntos estratégicos, se recomienda que sean tres puntos al azar, equidistantes y del centro de la cama. Una vez escogidos los puntos se introduce el termómetro de punzón en los diferentes puntos de elección, y se espera hasta que este se estabilice para así poder registrar los datos. Cada vez que se va a introducir el termómetro en la cama en un punto diferente ay que limpiarlo con el objetivo de no alterar la medida ya que esto arrojaría datos erróneos. Se espera que la temperatura este dentro del rango establecido que es entre 15°C -25 °C como dice la literatura.

Se diseñó un formato para llevar a cabo la toma de muestras de las seis camas donde se encontraban las Lombrices Rojas y así poder hacer un seguimiento semanal e irlo registrando. Por último se calcula el promedio por cama y el promedio por tratamiento y se va documentando en su respectivo formato es decir:

- ✓ Tratamiento 1: promedio entre cama 1 y cama 2.
- ✓ Tratamiento 2: promedio entre cama 3 y cama 4.
- ✓ Tratamiento3: promedio entre cama 5 y cama 6.

Tabla 7.Formato control de temperatura para cada uno de los tratamientos

CONTROL SEMANAL DE TEMPERATURA		
	Fecha de la toma	PROMEDIO
CAMA 1	Toma 1	
	Toma 2	
	Toma 3	
	Toma 4	
CAMA 2	Toma 1	
	Toma 2	
	Toma 3	
	Toma 4	
CAMA 3	Toma 1	
	Toma 2	
	Toma 3	
	Toma 4	
CAMA 4	Toma 1	
	Toma 2	
	Toma 3	
	Toma 4	
CAMA 5	Toma 1	
	Toma 2	
	Toma 3	
	Toma 4	
CAMA 6	Toma 1	
	Toma 2	
	Toma 3	
	Toma 4	

Fuente: Elaboración propia.

6.2.4 pH

- ✓ Para medir el pH, y ver que se encuentre en la escala entre 5 y 8, es necesario usar indicadores de pH. Se debe tomar una muestra del sustrato y debe ser disuelto en agua, una vez se haya hecho esto, el papel indicador se introduce en el interior del recipiente y arroja el resultado según el color que tome se sabrá si es ácido, neutro

o alcalino. En caso de que deba neutralizarse, normalmente es usada la cascara de huevo en bajas cantidades ya que su aporte de cal neutraliza el ácido (27)

El formato utilizado para llevar monitoreo del pH es el siguiente y en este se consignaban los datos obtenidos.

Tabla 8. Control semanal de pH

CONTROL SEMANAL DE pH						
	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 6
fecha 1						
fecha 2						
fecha 3						
fecha 4						
fecha 5						
fecha 6						
fecha 7						
fecha 8						

Fuente: Elaboración propia.

6.3 OBJETIVO 3: ESTABLECER QUE SUSTRATO(S) DE LOS PROPUESTOS FAVORECEN LA PRODUDUCCIÓN DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA.

6.3.5 Diseño experimental. Se seleccionó un diseño completamente al azar, que es considerado el más simple de todos los diseños que se utilizan para comparar dos o más tratamientos, dado que sólo consideran dos fuentes de variabilidad: Los tratamientos y el error aleatorio.

El factor a ser estudiado es el peso de las lombrices en 1 kg de sustrato.

El diseño está compuesto por 3 tratamientos, con dos réplicas cada uno, cuya proporción de materiales fue determinada a partir de la disponibilidad de materia prima generada en las actividades agrícolas y pecuarias de la finca.

- ✓ Tratamiento 1: lombrices alimentadas con boñiga de vaca en un 100%.

- ✓ Tratamiento 2: lombrices alimentadas con boñiga en un 70% y 30% pasto de corte.
- ✓ Tratamiento 3: lombrices alimentadas con boñiga en un 50% y el otro 50% con pasto de corte, cascara de papa 500 gramos y troncho (tallo de plátano, característico por ser muy húmedo) 2 kilos.

La hipótesis fundamental a probar en el diseño es:

$$H_0: \mu_{T1} = \mu_{T2} = \mu_{T3} \quad \text{ó} \quad H_A: \mu_{T1} \neq \mu_{T2} \neq \mu_{T3} \quad \alpha=0,05$$

Al determinar el tipo de diseño experimental, se establece el número mínimo de tratamientos y de réplicas, llegando a la conclusión de construir 6 camas.

6.3.1 Construcción de camas. En el mes de diciembre se procedió a conseguir 60 guaduas con medidas entre 3m y 6 m, buscando partir cada una de las guaduas en 4 partes para la construcción de las camas en las que se desarrollará el proyecto. Para su construcción se empleó de 3 kilos de alambre y de 2 kilos de puntillas que vienen en una presentación de 1 libra por cada caja. Una vez conseguidos estos materiales, se construyeron durante una semana (17 de diciembre al 21 de diciembre) trabajando todos los días, en las cuales se realizaron las siguientes actividades:

Día 1. Elección de ubicación de las camas y jornal dedicado a cortar la guadua y transportarla en caballos hacia el sitio donde se desarrollara el proyecto.

Día 2. Se realizó la compra de los tubos que van en el fondo de la cama para recoger humus líquido.

Día 3. Se adecuó el terreno sobre el cual se construyeron las camas de tal manera que quedara con una pendiente y en caso de producirse humus líquido se podría extraer fácilmente de las camas.

Ilustración 5: Secado de establo



Ilustración 4: Punzonado de la tierra



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6: Nivelado



Fuente: Elaboración propia

Día 4 y 5. Durante los siguientes días se construyeron las camas, para lo cual se cortaron de la guadua sobrante y la más delgada unos bastones de 65cm de largo, los cuales se usaron como referentes para delimitar la altura de las camas.

Ilustración 7. Delimitación de camas



Fuente: Elaboración propia

Una vez se hizo esta actividad se partieron las guaduas en 4 partes para formar unas varetas de 3m y de 1m. Con estas varetas de las dos medidas nombradas anteriormente se procedió a la construcción de las camas poniendo en promedio 6 varetas una encima de otra y sabiendo que estas son de un ancho de 10 cm (valor que varía porque no toda la guadua es del mismo tamaño). Durante el día 4 se pusieron las varetas de 3 metros a lo largo de las camas y durante el día 5 se realizó la división de las camas, saliendo un total de 15 camas de 1m x 1m por 50 cm de alto, construidas en un espacio de 3m x 4m. Para la realización del diseño experimental (el cual será explicado más adelante), solo implicaba usar 6 de las 15 camas y las sobrantes se mantienen vacías para el uso en la cosecha de las lombrices.

Ilustración 8. Camas terminadas



Ilustración 9. Camas construidas



Fuente: Elaboración propia

Una vez se construyeron las camas se forran las paredes internas de las camas con plástico. Este paso es importante porque evita que las lombrices migren hacia otras camas o hacia el suelo.

Ilustración 10. Camas forradas



Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Pie de cría. Se cotizaron a varios proveedores las lombrices. Entre las opciones en precio estaban el kilo de sustrato con lombrices en promedio a \$8.000 y \$6.000 pesos, siendo esta última la seleccionada y donde se adquirieron 20 kilos de lombriz roja californiana. Además de las lombrices compradas, hubo una donación de 15 kilos de lombriz y una caja con 10 kilos que ya se tenían desde un inicio. Es de aclarar que

no todos los proveedores de lombrices garantizan igual porcentaje de lombrices en el sustrato. La literatura indica que la cantidad de lombrices necesarias para una cama de 1m de largo x 1 m de ancho x 50 cm de alto corresponde a 1 pie de cría (1kg de lombrices con sustrato) para dar inicio al proyecto. Es importante decir que para el inicio del actual proyecto se inocularon 7.5 kilogramos de lombrices con sustrato en cada cama, en una proporción de 40% de lombriz y un 60% del restante.

6.3.3 Siembra del pie de cría .Dado que las lombrices se adquirieron de diferentes proveedores se procedió a realizar una mezcla homogénea, a partir de esta se tomaron 4 muestras de diferentes partes de la mezcla, cada una de 1 kg (lombriz + sustrato), para determinar el porcentaje en peso de lombrices que se encuentra en la mezcla, como se muestra en la

Tabla9.

Ilustración 11. Siembra de lombrices



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Muestras iniciales de lombrices

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
10 de febrero de 2013	90 gr	70 gr	100 gr	90 gr

Fuente: Elaboración propia

El promedio de lombrices que se encuentra en la mezcla es de 87,5gr de lombrices por cada kg de mezcla. Una vez se tuvo una cantidad de lombrices (sustrato + lombrices) necesarias para la siembra en las camas se procedió a la siembra.

En cada cama se depositaron 7.5 kilos de mezcla (sustrato + lombrices) y alimentándolas aproximadamente con 37.5 kilos por la cama 1 y cama 2, 26.25 kilos en la cama 3 y cama 4 ya que estas tienen una cantidad restante en pasto y por último 18.75 kilos a la cama 5 y cama 6 ya que su otra mitad va con otros componentes como el troncho del plátano y la cascara de papa.

6.3.4 Alimentación de las lombrices

Ilustración 12. Alimentación de las lombrices



Fuente: Elaboración propia

El proceso de alimentación de las lombrices consistió en tomar un balde con boñiga y humedecerla debido que en el lugar donde se realizaba el compostaje no entraba la lluvia y esta después de varios días tendía a secarse. El agua usada para esta labor, es la almacenada en grandes tanques y pozos que están construidos desde antes de dar inicio al proyecto. Una vez humedecida la boñiga esta se arrojaba sobre todas las camas, debido que esta materia prima hace parte de los 3 tratamientos.

Ilustración 13. Camas de lombrices con mezcla de pasto



Fuente: Elaboración propia

Para el tratamiento 2 y 3 que debía tener 50% y 30% de pasto respectivamente, lo que se realizo fue contratar a una persona para realizar la poda de la finca y recoger todo el pasto en costales poniéndolo a un costado de las camas construidos para tener fácil acceso a este. Cada vez que se le iba a hacer uso, con el mismo balde con el que se humedecía la boñiga se llenaba hasta tener una cantidad 25kilos de pasto y después era arrojado en las camas que implicaban tener esta materia prima, es importante decir que el pasto entre más descompuesto estuviese estuviera mejor, debido que le facilita a las lombrices su consumo. Por ultimo debía ser mezclado con la boñiga para poder que las lombrices accedieran a consumirlo sin problema.

Ilustración 14. Cama de 70% boñiga - 30% pasto



Fuente: Elaboración propia

La cascara de papa y el troncho era obtenido en bajas cantidades pero para el tratamiento 3 esta materia prima debía ser picada en pequeñas partes, para facilitar a la lombriz su consumo, pues este animal no tiene dientes y el proceso de alimentación tiende a demorarse dependiendo de qué tan descompuesto se encuentre el alimento.

6.3.4 Toma de datos. Durante la semana siguiente a la siembra se realizó la primera toma de datos.

Para la toma de datos se siguió el siguiente procedimiento:

- ✓ primero se tomaba una bolsa plástica que tuviera la capacidad para llenarse con un kilo de sustrato y era pesada en unagramera para notificar que realmente se tomara la cantidad deseada
- ✓ una vez tomado el kilo de sustrato en bolsa, se debía separar las lombrices obtenidas del sustrato(es importante decir que la toma era completamente al azar).
- ✓ Después de separadas las lombrices del sustrato, nuevamente era pesada la bolsa (en este momento solo con lombrices)
- ✓ El valor obtenido del peso suministrado en el punto anterior, era añadido en la tabla en la que se manejaba el registro del peso de las lombrices.

Ilustración 15. Toma de muestras



Fuente: Elaboración propia

En la toma de muestras se obtenían dos pruebas por cada cama de lombrices y se determina el peso de las lombrices por cada kilo de sustrato. La razón por la que se toman dos pruebas por cama es porque las lombrices tienden a agruparse en zonas de

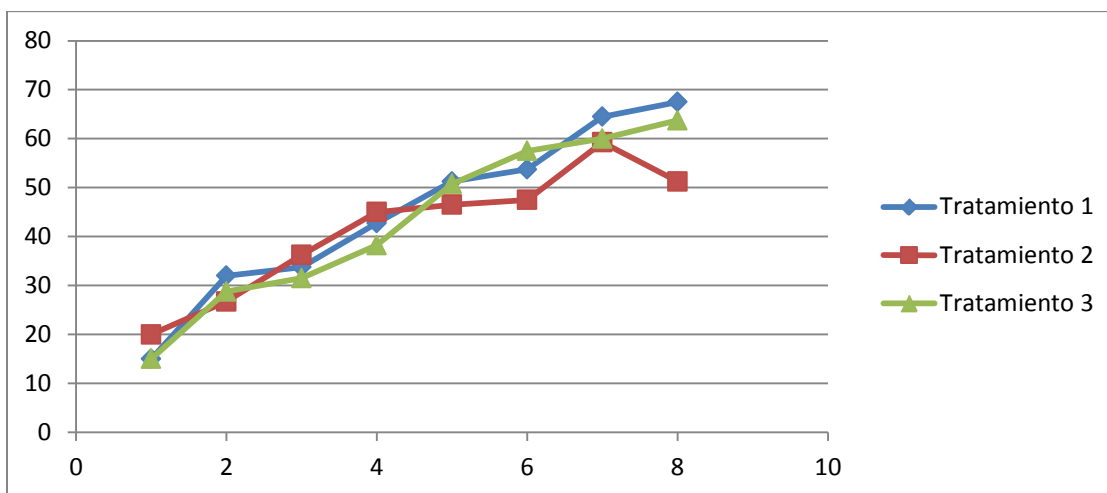
la cama y se corre el riesgo de que las pruebas correspondan a sectores en los que posiblemente no estén. Los resultados de las 8 muestras tomadas es el siguiente:

Tabla 10: Control semanal de población

	Muestra 1	Muestra 2	Promedio	Muestra 3	Muestra 4	Promedio	Muestra 5	Muestra 6	Promedio	Muestra 7	Muestra 8	Promedio	Muestra 9	Muestra 10	Promedio	Muestra 11	Muestra 12	Promedio
17 de febrero de 2013	15	10	12,5	25	10	17,5	30	10	20	30	10	20	10	25	17,5	10	15	12,5
24 de febrero de 2013	38	15	26,5	39	36	37,5	37	20	28,5	30	20	25	40	30	35	20	25	22,5
9 de marzo de 2013	30	30	30	40	35	37,5	40	35	37,5	50	20	35	28	45	36,5	18	35	26,5
17 de marzo de 2013	39	42	40,5	50	40	45	45	42	43,5	53	40	46,5	42	46	44	30	35	32,5
28 de marzo de 2013	50	55	52,5	50	50	50	50	47	48,5	49	40	44,5	40	48	44	60	55	57,5
7 de abril de 2013	70	40	55	55	50	52,5	40	60	50	50	40	45	45	65	55	60	60	60
14 de abril de 2013	72	69	70,5	60	60	60	55	59	57	60	52	56	60	60	60	60	62	61
21 de abril de 2013	61	55	58	61	65	63	50	40	45	60	58	59	57	62	59,5	80	72	76

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16. Comportamiento del análisis poblacional después de 8 semanas



Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior muestra el comportamiento de los datos obtenidos en la Tabla 9 de análisis poblacional y muestra el comportamiento de los 3 tratamientos, donde se puede observar que hay un crecimiento constante de las variables.

Tabla 11. Análisis de la reproducción de la lombriz roja californiana

	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3
17 de febrero de 213	15	20	15
24 de febrero de 2013	32	26,75	28,75
9 de marzo de 2013	33,75	36,25	31,5
17 de marzo de 2013	42,75	45	38,25
28 de marzo de 2013	51,25	46,5	50,75
7 de abril de 2013	53,75	47,5	57,5
14 de abril de 2013	65,25	56,5	60,5
21 de abril de 2013	60,5	52	67,75

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 11 muestra el resultado obtenido por cada tratamiento, tomado de los promedios de los datos suministrados en la Tabla 9.

6.3.5.1 Diseño de Experimentos Completamente al Azar – Lombriz Roja Californiana. El Software utilizado para llevar a cabo el Diseño de Experimentos fue Minitab. A través de este programa se pudo desarrollar el Diseño Completamente al Azar.

Tabla 12. Peso de lombrices (gr) por cada tratamiento

Tratamientos	Peso
T1	72
T1	69
T1	55
T1	61
T1	60
T1	60
T1	61
T1	65
T2	55
T2	59
T2	40
T2	50
T2	60
T2	60
T2	52
T2	58
T3	60
T3	57
T3	60
T3	62
T3	80
T3	72
T3	60
T3	62

Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo el diseño se tuvieron en cuenta los valores obtenidos en la Tabla 12. El cual muestra los pesos obtenidos por cada tratamiento. Primero se compara las medias poblacionales de los tratamientos para identificar si son igual o no, mediante las siguientes hipótesis.

Hipótesis

Ho: $\mu_{(T1)} = \mu_{(T2)} = \mu_{(T3)}$

Ha: $\mu_{(T1)} \neq \mu_{(T2)} \neq \mu_{(T3)}$

El nivel de significancia al cual se trabajó fue $\alpha=0,05$

Tabla 13. ANOVA unidireccional: Peso vs Tratamientos

ANOVA unidireccional: Peso vs. Tratamientos					
Fuente	GL	SC	MC	F	P
Tratamientos	2	462,6	231,3	5,03	0,016
Error	21	965,3	46,0		
Total	23	1427,8			

S = 6,780 R-cuad. = 32,40% R-cuad.(ajustado) = 25,96%

Fuente: Elaboración propia.

Dado que el p-valor en el ANOVA, tiene un valor menor, que la significancia $\alpha=0,05$ prefijada, se rechaza H_0 y se acepta que hay diferencia estadísticamente significativa entre los 3 tratamientos.

En la tabla ANOVA se observa que la variación total debida a los 24 datos de este experimento fue de 1427,8. De esta cantidad, 462 se debe a las diferencias entre los tratamientos y 965 corresponde a la diferencia entre los tratamientos del mismo tipo; al ponderar esto por los correspondientes grados de libertad se obtienen los cuadrados medios, los cuales reflejan la magnitud real de cada fuente de variación. Así, vemos que las diferencias debido a los tratamientos es de 231 y que el error es de 46; por tanto, la primera es 5,02 veces más grande que la segunda, lo cual indica que las diferencias observadas entre los tratamientos son significativas y que no se deben a pequeñas variaciones muestrales (error).

6.3.5.2 Justificación del R2

Para determinar la bondad de las predicciones se basa en el examen de los valores del coeficiente de correlación y el coeficiente de correlación de determinación R2, también conocidos el R2 y el R2 ajustado. Denotas por representar en porcentaje el tamaño de sus varianzas y midiendo el grado de correlación justificado por las variables independientes (variable de respuesta y predictora), siendo muy utilizado en el área agrícola. (28)

Algunas publicaciones de este tipo demuestran que un modelo estadístico no necesariamente es inadecuado por no tener un R2 del 70% - 80%, pues permite decir que son valores explicativos y no predictivos del modelo a evaluar y sirven como herramienta para hacer seguimiento en el comportamiento de los datos sin ser totalmente determinante en el resultado final. (28)

Un estudio realizado por la universidad de Florida. Estados Unidos y la universidad Landívar en Guatemala sobre la reducción de un pesticida en la arveja China muestra un estudio experimental entre varios tratamientos, evaluando si la producción se ve afectada si es cultivada intercalada con haba (como cultivo trampa), adicionalmente también el maíz fue evaluado como fuente de depredadores cuando es cultivado a la misma vez con la arveja China. El diseño experimental realizado concluyó diciendo que hay altos niveles de thrips en la arveja china y no disminuye la cosecha cuando no hay aplicación de insecticida, Sin embargo las densidades de thrips con arveja china intercalada con haba no es significativamente diferente que la arveja china como monocultivo, lo cual quiere decir que el haba no es una trampa de thrips cuando se encuentre intercalado. Lo anterior se respalda con un R^2 de 20,3% y un R^2 ajustado de 9,6%. Por otro lado las densidades de depredadores fueron más abundantes en la arveja china que no fue asperjada que en cualquier otro tratamiento, lo anterior arrojo mediante un análisis de varianzas un R^2 del 53,1% y un R^2 ajustado de 46,8%. (29)

Otro estudio estadístico realizado sobre la influencia de las hojas de Chan para el control de *Sitophilus zeamais* y *Zabrotes subfasciatus* (gorgojos). El objetivo del presente trabajo fue de saber el efecto de este animal en el frijol y en el maíz, aplicando a una cantidad constante de semillas distintas concentraciones de hojas secas de las nombradas anteriormente. De los resultados obtenidos del ensayo se puede decir que los tratamientos con mayor cantidad de gorgojos muertos se dio cuando se aplica una mayor concentración de hojas de Chan y por el contrario el número de insectos emergidos se dio en tratamientos donde se les suministró 0% de hojas y la relación de varianzas de la variable se representa con un R^2 de 48,82%. (30)

Buscando la conservación de la biodiversidad en Madrid, en el presente estudio se busca recopilar una descripción de las características generales de los huertos urbanos colectivos y encontrar la diversidad y los factores que los determinan. Para poder desarrollar este estudio se debió suponer varias hipótesis, para la cual se les dio respuesta mediante distintas pruebas de regresión lineal. Cada una de las pruebas se decide mediante la aceptación o el rechazo de su hipótesis nula, como este caso está relacionado con varios supuestos, entonces se formuló varias hipótesis. Como primera opción se acepta la hipótesis nula, en la cual se dice que la riqueza de especie y cultivos no está relacionada con el número de actividades diferentes que se realizan en la entidad diferente, esto lo soporta un r^2 de 12% para las especies y un R^2 de 18%

para los cultivares. Una segunda opción consta de probar si la riqueza de especies y cultivares está relacionada con la superficie total del huerto, esta hipótesis fue rechazada y fue soportada con un R^2 de 39% para las especies y un R^2 de 44% para los cultivares. Otra suposición que se probó consistía en saber si la riqueza de especies y cultivares está relacionada con la distancia de los huertos a las casas de sus participantes, esta hipótesis fue soportada con un R^2 de 11% para las especies y de 13% para los cultivares (31).

Estudios relacionados con el Bioagro se ven involucrados como por ejemplo un estudio relacionado con la Evaluación del Proceso de conservación y manejo de la Cuenca alta del Río Yaracuy se ha desarrollado programas de conservación de suelos y aguas en donde por medio de encuesta se convirtieron los datos y se transformaron en variables cuantitativas y cualitativas la variable dependiente ingreso neto familiar anual (INFA) , El coeficiente de determinación ajustado (R^2) es bajo cuando se utilizan variables cualitativas no controladas su R^2 es 0.34, a la vez se evaluó el sistema de producción del cultivo de maíz en el municipio Bruzual del estado Yaracuy y procesaron dos análisis de regresión lineal múltiple utilizando variables del tipo Dummy, donde el método de selección por paso o etapas produjo, en los dos análisis, los mayores coeficientes de determinación ajustados (28,8 % y 35,5 %) (32).

Hoy en día los modelos de regresión se han convertido en una herramienta importante para avalar conclusiones de investigaciones, el inconveniente esta cuando se interpreta o se da un mal uso de las técnicas de regresión. Un R^2 igual a 1 significa un ajuste lineal perfecto y si es igual a 0 indica la no representatividad del modelo lineal. En el análisis del coeficiente de determinación el objetivo no es obtener un valor elevado de R^2 , sino obtener los estimadores de los coeficientes de regresión poblacional. Si en este proceso se obtiene un valor de R^2 elevado esto no es suficiente evidencia a favor del modelo, y si el valor de R^2 es pequeño esto no es evidencia para decir que el modelo es malo. El R^2 no es la medida que resuelve en todos los casos el problema de la medición del grado de bondad de ajuste realizado. El hecho de coger todos los datos para hallar el coeficiente de determinación no da seguridad de que el R^2 va ser alto. Muchas veces es bajo, así se tomen grandes muestras o algunas veces es alto con tomar solo pocos datos. La variación del R^2 en ocasiones se debe a la participación de otras variables externas que están en el proceso. (33)

En este trabajo el R^2 , es de 32,40 considerándose este valor representativo para un experimento, en el cual además de la dieta (sustrato), existen otras variables que tienen

gran influencia en la población de lombrices (que para nuestro caso está representado (gr lombrices/1kg sustrato) como la temperatura (14), humedad (3), pH (3), frecuencia de alimentación (34), concentración de elementos químicos en el sustrato, relación carbono/nitrógeno (35), frecuencia de riego, entre otras (36) y que no fueron incluidas en el experimento como factor, dado los costos que acarrea el tener controlada las variables antes mencionadas en sus respectivos niveles, los equipos de medición y análisis de laboratorio para la determinación de algunas de ellas; por lo anterior un R² de 32,40 es significativo en un experimento como el realizado por nosotros, dado que, corresponde a la explicación que da un solo factor de influencia sobre el comportamiento de la variable respuesta, la cual de acuerdo a la literatura está influenciada por muchos más factores.

Luego de saber que hay diferencia entre las medias de los tratamientos, se requiere saber cuáles de los tratamientos son diferentes entre sí, para esto se aplican métodos de comparaciones múltiples los cuales realizan todas las comparaciones posibles, de dos en dos, entre las medias de tratamientos. En este caso se va a realizar mediante el método LSD (Diferencia Mínima Significativa).

Para k tratamientos se tiene un total de $k(k-1)/2$ pares de medias, para este caso si $k=3$ existen $3(3-1)/2=3$ posibles pares de medias.

Tabla 14. Agrupación de medias por el método LSD al 95%

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T3	8	64,125	A
T1	8	62,875	A
T2	8	54,250	B

Fuente: Elaboración propia.

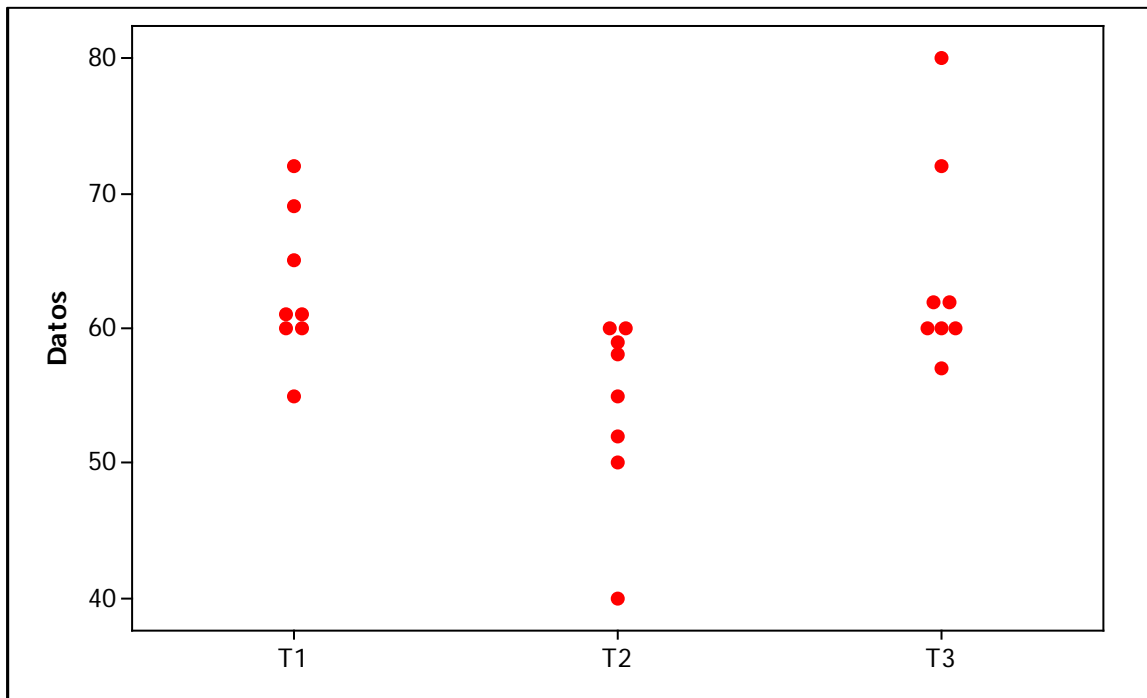
En la Tabla 14 se observa la comparación de medias realizada por el método LSD, aquellas medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, por tanto la media del T2 difiere de las medias del T1 y T3, mientras que las medias de los T3 y T1 no; al observar los datos de la Tabla 14 el T1 y T3 tienen una media más alta que el T2 y un rango (Límite inferior – Límite superior) en el que se mueve la media más alto.

Tabla 15. Estadísticas de los 3 tratamientos

Tratamientos	Tamaño de la muestra	Media	Desviación estándar	IC individual 95% para media
T1	8	62,875	5,4886	(58,286. 67,464)
T2	8	54,25	6,8609	(48,514. 59,986)
T3	8	64,125	7,7908	(57,612. 70,638)

Se corrobora en la gráfica 21 que los tratamientos T1 y T3 favorecen la reproducción de la Lombriz Roja Californiana. Basándose en la literatura y en los resultados obtenidos en el proyecto se puede decir que el T1 correspondiente a las camas alimentadas con boñiga en un 100% es el más favorable entre los dos, aunque ambos tienen resultados similares, la literatura dice que las lombrices alimentadas con boñiga tienen una reproducción más activa y desarrollan esta labor de forma rápida. Observando la desviación estándar se puede concluir que el T1 tiene más estabilidad en los datos, pues su desviación es más baja en comparación del T3.

Ilustración 17. Valores Individuales T1, T2, T3



VERIFICACIÓN DE SUPUESTOS

La validez de los resultados obtenidos en cualquier análisis de varianza queda supeditada a que los supuestos del modelo se cumplan.

Normalidad

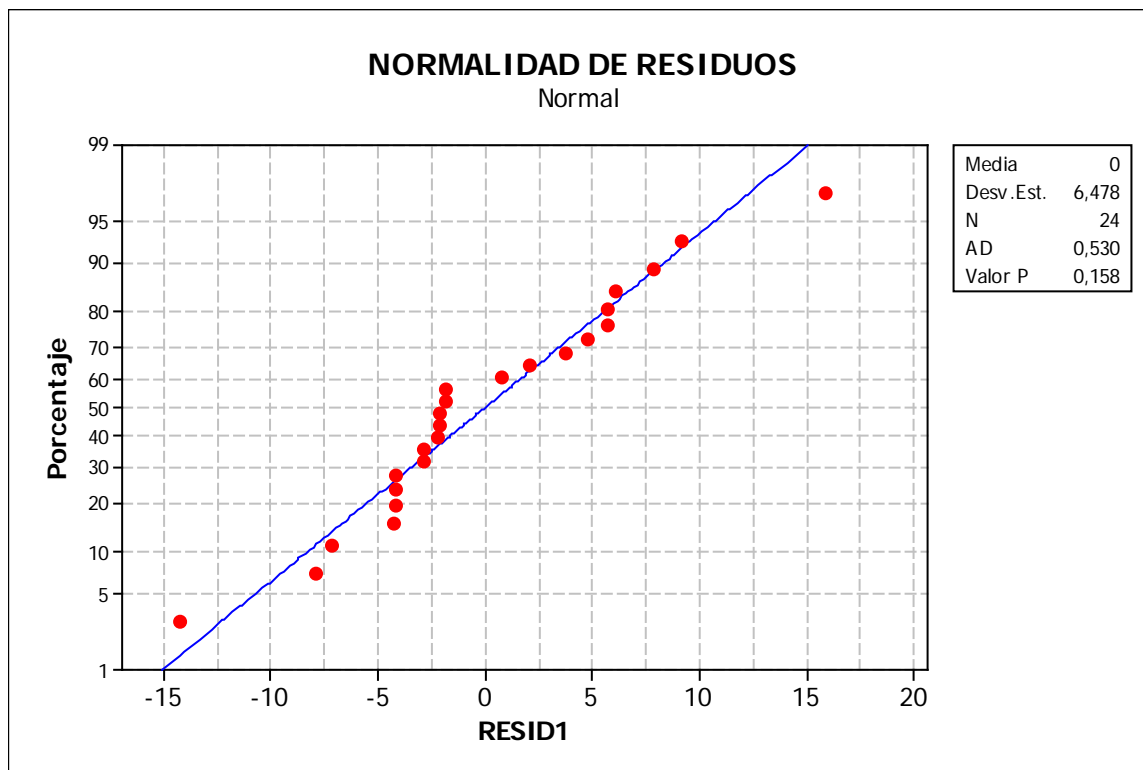
Ho: Los residuos tienen distribución normal con media cero

Ha: Los residuos no tienen distribución normal con media cero

Criterio de decisión: Rechazo Ho si $P\text{-valor} < 0,05$

Grafica ab: Prueba de normalidad de residuos

Ilustración 18. Normalidad de residuos



Fuente: Elaboración propia

Dado que $p\text{-valor} (0,158) > 0,05$ no rechazamos Ho, por tanto con un 95% de confianza se puede afirmar que los residuos provienen de una distribución normal con media cero.

Ilustración

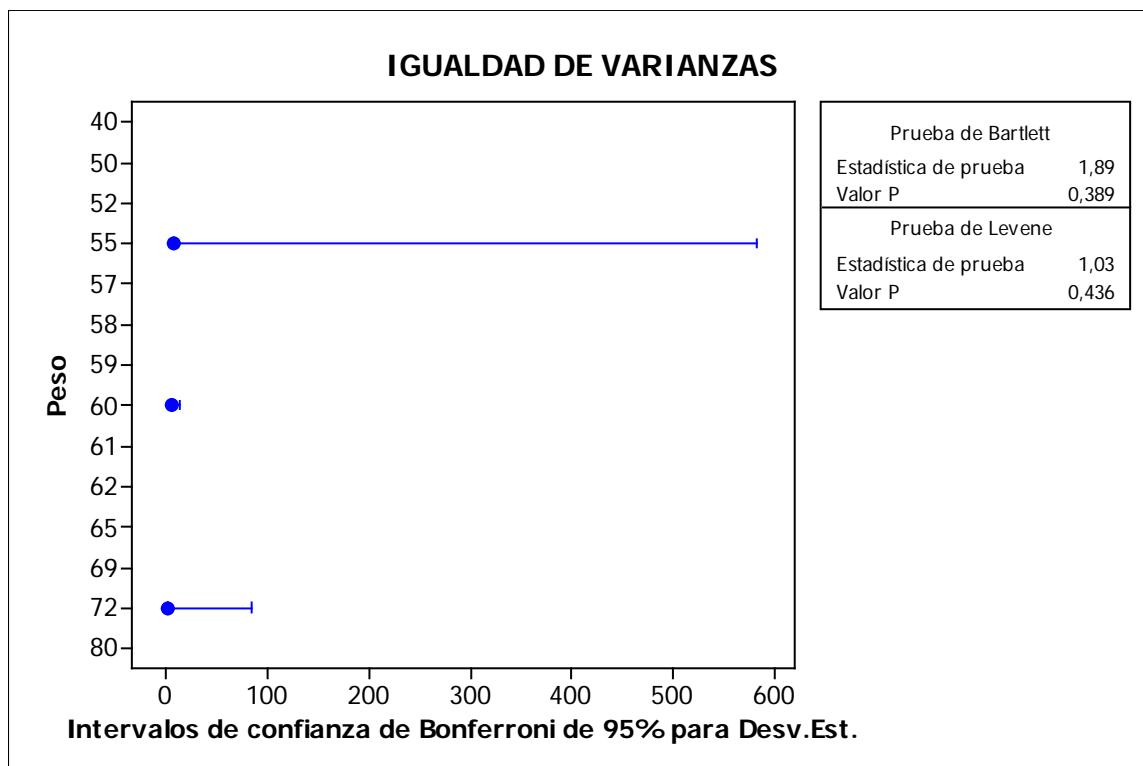
Igualdad de Varianzas

Ho: Los residuos de cada tratamiento tienen la misma varianza.

Ha: Los residuos no tienen la misma varianza.

Criterio de decisión: Rechazo Ho si $P\text{-valor} < 0,05$

Ilustración 19. Prueba de igualdad de varianzas



Fuente: Elaboración propia

Dado que p-valor en ambas pruebas (Bartlett y Leven) $> 0,005$, no rechazo Ho, por tanto con un 95% de confianza se puede afirmar que los residuos de los tratamientos tienen la misma varianza. Ilustración 20

Independencia

Ho: Los residuos son independientes entre sí, correlación igual a Cero.

Ha: Los residuos no son independientes entre sí, correlación mayor que Cero.

Criterio de decisión:

- ✓ Si $d < d_l$ Se rechaza H_0
- ✓ Si $d > d_u$ No se rechaza H_0
- ✓ Si $d_l \leq d \leq d_u$ Sin decisión

Para probar esta hipótesis se utiliza la prueba Durbin-Watson.

Tabla 16. Prueba Durbin Watson

Dato	e_i	e_{i-1}	e_i^2	$(e_i - e_{i-1})$	$(e_i - e_{i-1})^2$
1	9,125		83,265625		
2	6,125	9,125	37,515625	-3	9
3	-7,875	6,125	62,015625	-14	196
4	-1,875	-7,875	3,515625	6	36
5	-2,875	-1,875	8,265625	-1	1
6	-2,875	-2,875	8,265625	0	0
7	-1,875	-2,875	3,515625	1	1
8	2,125	-1,875	4,515625	4	16
9	0,75	2,125	0,5625	-1,375	1,890625
10	4,75	0,75	22,5625	4	16
11	-14,25	4,75	203,0625	-19	361
12	-4,25	-14,25	18,0625	10	100
13	5,75	-4,25	33,0625	10	100
14	5,75	5,75	33,0625	0	0
15	-2,25	5,75	5,0625	-8	64
16	3,75	-2,25	14,0625	6	36
17	-4,125	3,75	17,015625	-7,875	62,015625
18	-7,125	-4,125	50,765625	-3	9
19	-4,125	-7,125	17,015625	3	9
20	-2,125	-4,125	4,515625	2	4
21	15,875	-2,125	252,015625	18	324
22	7,875	15,875	62,015625	-8	64
23	-4,125	7,875	17,015625	-12	144
24	-2,125	-4,125	4,515625	2	4
			965,25		1557,90625

Fuente: Elaboración propia

Ecuación 10. Ecuación Durbin- Watson

$$d = \frac{\sum_{t=2}^T (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^T e_t^2},$$

Fuente:

$$d = 1557,90625 / 965,25 = 1,6139$$

n=24 (número de datos) k=1 (Número de factores)

Se busca en las tablas de Durbin-Watson con nivel de significancia $\alpha=0,05$ los valores d_l y d_u , teniendo en cuenta los valores n y k.

$$d_l = 1,273$$

$$d_u = 1,445$$

Como $d (1,61) > d_u (1,445)$ no rechazo H_0 , por tanto la correlación de los residuos consecutivos para la variable sacarosa es igual a cero, con un 95% de confianza.

Los resultados estadísticos del diseño están fuertemente ligados a las variables independientes del proceso. La temperatura, la humedad y el pH deben ser monitoreados para evitar que vayan a estar fuera de los rangos establecidos por la literatura y afecte en la reproducción a la lombriz roja californiana.

La temperatura es una de las variables a tener en cuenta y como se ha dicho anteriormente debe estar entre 15°C y 25°C, pues si se llegase encontrar fuera de estos valores, puede dejarse de reproducir o hasta podría morir. La siguiente tabla mostrará los datos suministrados correspondientes a esta variable en cada una de las camas.

Como los supuestos de normalidad, igualdad de varianzas e independencia se cumplen, las conclusiones realizadas a partir del ANOVA, son válidas.

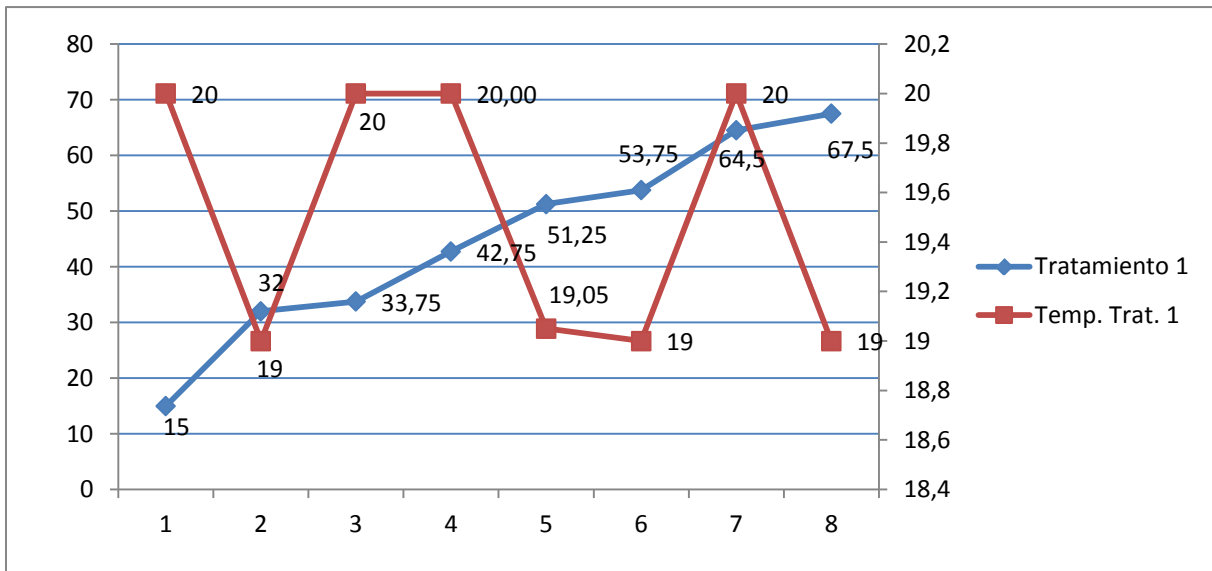
Ilustración 20. Monitoreo semanal de Temperatura

CONTROL SEMANAL DE TEMPERATURA DE LAS CAMAS																	
		17 de febrero de 2013	PROMEDIO	24 de febrero de 2013	PROMEDIO	9 de marzo de 2013	PROMEDIO	17 de marzo de 2013	PROMEDIO	24 de marzo de 2013	PROMEDIO	7 de abril de 2013	PROMEDIO	13 de abril	PROMEDIO	21 de abril	PROMEDIO
CAMA 1	toma 1	19	19,275	18,7	18,6	21	20,95	20,8	20,43	18,7	18,88	19	19,375	20,8	20,825	19,8	19,225
	toma 2	19		18,2		21,7		20,3		19		20,6		19,2			
	toma 3	19,3		18,5		20,5		20,2		18,8		19,8		20,9		19,2	
	toma 4	19,8		19		20,6		20		19		19,7		21		18,7	
CAMA 2	toma 1	20	20,425	19	19,275	20,3	20,875	21,2	21,05	19	18,975	19,5	19,25	21,2	21,075	19	19,25
	toma 2	20		19		20,5		21,7		19		21		19			
	toma 3	20,8		19,3		21,5		20,2		18,7		19,3		20,8		19,7	
	toma 4	20,9		19,8		21,2		21,1		19,2		19,2		21,3		19,3	
CAMA 3	toma 1	18,7	18,6	19,3	19,375	20,8	21,25	21,4	21,43	20,5	20	20	20,075	21,1	20,8	19,7	19,925
	toma 2	18,2		19,5		21,2		20,9		19,2		19,8		20,5		20	
	toma 3	18,5		19,7		21,3		22,4		20,3		20		20,6		20	
	toma 4	19		19		21,7		21		20		20,5		21		20	
CAMA 4	toma 1	20	20,3	18,7	18,875	21,4	21,525	21,6	21,25	20,3	19,775	20,6	20,45	22,5	21,7	19	19,25
	toma 2	20,3		19		21,5		20		20		21,6		19			
	toma 3	20,2		18,8		21,5		21,9		19,8		20,9		20,9		19	
	toma 4	20,7		19		21,7		21,5		19		20,6		21,8		20	
CAMA 5	toma 1	19	18,825	21	21,25	21,4	21,4	20,8	20,65	20,3	20,175	20,6	20,85	21,6	21,5	20,7	20,55
	toma 2	18		21,3		21,4		20		21,9		20,6					
	toma 3	19,3		21,1		21,5		21,2		20,7		21,7		20,3			
	toma 4	19		21,6		21,3		20,6		19,7		20,9		20,8		20,6	
CAMA 6	toma 1	19,7	19,3	20,3	19,775	21,6	21,325	21,1	21,13	20,5	20,575	21	21,25	22,2	21,775	20,8	20,825
	toma 2	19		20		21,1		20,8		21,2		22,6		20,5			
	toma 3	19,2		19,8		20,9		21,2		20,2		21,3		20,9			
	toma 4	19,3		19		21,7		21,4		21		21,7		21		21,1	

Fuente: Elaboración propia.

Después se compara la relación existente entre la reproducción de cada tratamiento con las temperaturas tomadas de este mismo y se puede observar el aumento proporcional en la reproducción de la roja californiana, mientras su temperatura se encuentra constante entre los 19 °C y los 20 °C, lo que indica que esta variable técnica se encontró en condiciones favorables durante el proceso.

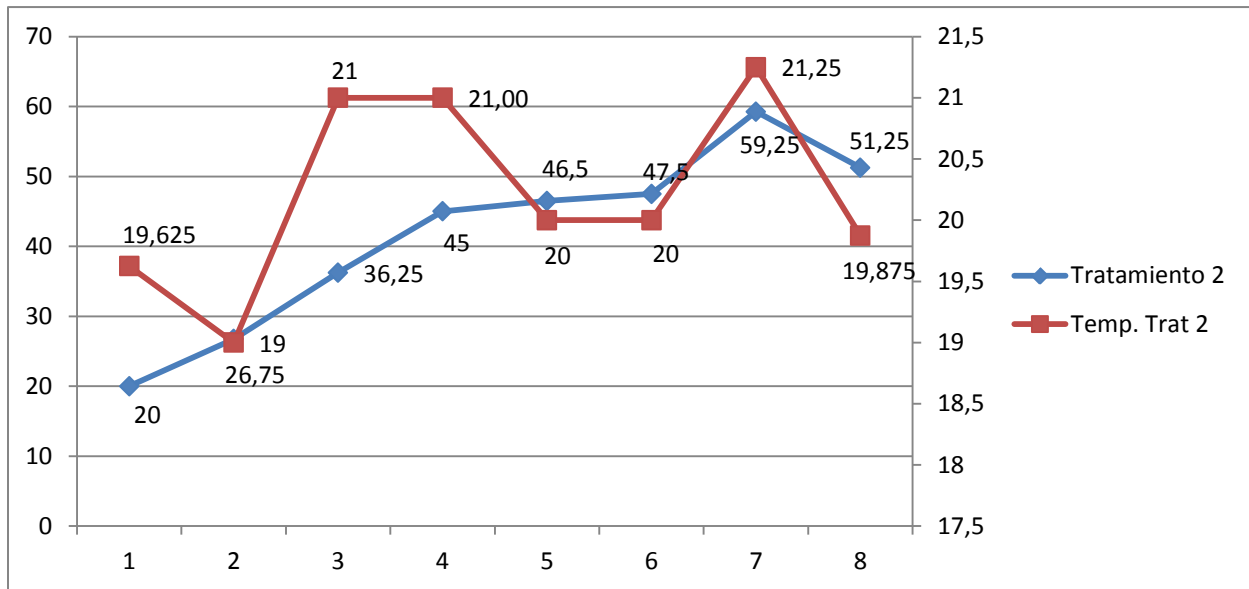
Ilustración 21. Tratamiento 1 Vs Temperatura 1



Fuente: Elaboración propia

Así mismo se hizo con las camas 3 y 4, el cual se puede observar la relación existente en el tratamiento 2 con la temperatura tomada en dicho tratamiento. Se puede decir que el aumento proporcional en la reproducción de la roja californiana está muy ligado a su temperatura, pues su comportamiento depende totalmente del aumento o disminución de esta variable técnica. Para este caso la temperatura varía entre los 19 °C y los 21 °C, siendo favorable para la supervivencia y la facilidad para reproducirse.

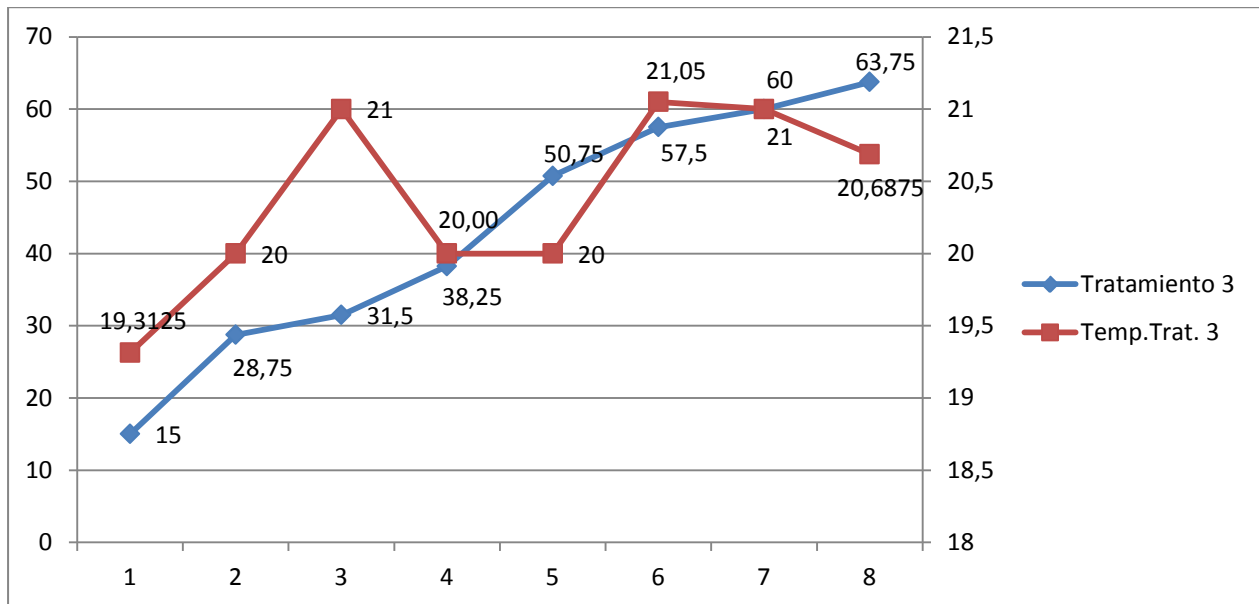
Ilustración 22. Tratamiento 2 Vs Temperatura 2



Fuente: Elaboración propia

Por último en la relación entre el tratamiento 3 con la temperatura 3 se indica de forma similar a los otros tratamientos que la temperatura está totalmente relacionada con la reproducción de lombrices, encontrándose favorable entre los 19 °C y los 20 °C, sin ser impedimento para que la de reproducción no deje de ser estable, constante y proporcional.

Ilustración 23. Tratamiento 3 Vs temperatura 3



Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Monitoreo semanal de pH

	MONITOREO SEMANAL DE pH					
	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 6
Fecha 1	5,5	8	5,1	5,8	7,5	6,9
Fecha 2	5,2	7,2	5,4	5,1	6,8	6,6
Fecha 3	6	7,8	5,3	5,4	6,1	7,2
Fecha 4	6,7	7	5,1	5,3	6,9	7,1
Fecha 5	6,9	6	5,2	6,4	6,9	7,1
Fecha 6	6,2	5,2	5,5	6,1	6	6,7
Fecha 7	7,5	5,5	6,6	6,6	5,9	6,6
Fecha 8	6,9	5,9	7	6,6	6,4	6,4

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar la Tabla 17 muestra los resultados obtenidos de las muestras obtenidas de pH, con el que se puede concluir que es una variable que se encuentra controlada, por estar entre el rango de 5 y 8. Estos valores se mantuvieron controlados debido que el alimento se les arrojaba a los animales 20 días después de recolectado, según lo indica la literatura, pues si fuera antes de este tiempo se encontraría muy básico (se identifica por tener un aspecto líquido y muy húmedo) o por el contrario si este alimento fuera usado por ejemplo a los 30 días, entonces tendría un aspecto seco, terroso y estaría muy ácido, el cual también es perjudicial para la vida del animal.

Como ultima variable técnica a considerar en este proceso está la humedad y en el siguiente gráfico se pueden observar los datos recolectados de las camas, el cual se mantuvieron constantes entre 2 y 3 gotas; así este valor no sea el ideal (4 gotas), se mantiene dentro del rango aceptable para que las lombrices estén en confort y puedan desplazarse entre el sustrato fácilmente y puedan mantener la humedad de su cuerpo.

Tabla 18. Monitoreo semanal de humedad

	MONITOREO SEMANAL DE LA HUMEDAD (GOTAS/CAMA)					
	CAMA 1	CAMA 2	CAMA 3	CAMA 4	CAMA 5	CAMA 6
9 de marzo de 2013	2	4	3	1	3	2
17 de marzo de 2013	2	3	2	2	2	2
24 de marzo de 2013	4	3	3	4	3	3
7 de abril de 2013	2	2	2	3	2	4
14 de abril de 2013	3	3	4	3	4	2
21 de abril de 2013	0	1	2	2	3	5

Fuente: Elaboración propia

Llevar monitoreo semanal de temperatura, humedad y pH, permite hacer seguimiento del proceso y evitar problemas futuros relacionados con la reproducción y vida de los animales. Si no se realiza un protocolo donde se haga seguimiento del comportamiento de las variables, es posible que se ocasione una falla y no ser tenida en cuenta a tiempo.

6.3.6 Costos de producción SERA QUE ESTOS SON COSTOS DE PRODUCCION O DE REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO, FAVOR MANDAR ESTO A ANEXOS???

ANEXO: COSTOS DE PRODUCCIÓN

La relación de costos se encuentra en la gráfica a continuación:

Tabla 19. Costos del proyecto

COSTEO DEL PROYECTO LOMBRICULTURA			
MATERIALES			
PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
tubos de 6m	2,5	\$ 10.500,00	\$ 26.250,00
BOTAS	1	\$ 18.000,00	\$ 18.000,00
PUNTILLAS 1 LB	4	\$ 1.500,00	\$ 6.000,00
CABLE 1 KILO	3	\$ 2.000,00	\$ 6.000,00
GUADUA DE 6M	60	\$ 7.000,00	\$ 420.000,00
COSTALES	9	\$ 300,00	\$ 2.700,00
PLASTICO MEDIDA 1	1	\$ 80.000,00	\$ 80.000,00
PLASTICO MEDIDA 2	1	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
LOMBRICES POR KILO	45	\$ 6.000,00	\$ 270.000,00
TELA DE FORRAJE EXTERNO POR METRO	40	\$ 2.000,00	\$ 80.000,00
PERFORADA DE TUBO	1	\$ 4.000,00	\$ 4.000,00
TERMOMETRO	1	\$ 35.000	\$ 35.000
TOTAL VALOR MATERIALES			\$ 967.950,00

MANO DE OBRA			
JORNALES COMPLETO	7	\$ 18.000,00	\$ 126.000,00
JORNAL MEDIO	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
MANO DE OBRA			\$ 136.000,00

CONSTRUCCION DE ESTABLO			
PRODUCTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
HOJAS DE ZINC	20	\$ 15.000,00	\$ 300.000,00
GUADUA DE 6M	50	\$ 7.000,00	\$ 350.000,00
TORNILLOS 1LB	10	\$ 2.000,00	\$ 20.000,00
CABLE DE 1 KILO	3	\$ 2.000,00	\$ 6.000,00
VALOR TOTAL ESTABLO			\$ 676.000,00

COSTEO TOTAL DE PROYECTO	
TOTAL VALOR MATERIALES	\$ 967.950,00
MANO DE OBRA	\$ 136.000,00
VALOR TOTAL ESTABLO	\$ 676.000,00
	\$ 1.779.950,00

Como se puede observar anteriormente se tiene una relación de costos de proyecto basado en los materiales, la mano de obra y el valor de costo del establo, llegando hasta el momento a invertir \$1.779.950 pesos colombianos. Aunque al iniciar el proyecto el establo ya hacia parte de la finca, es importante notar que este debe

incluirse dentro de la investigación porque en algún momento tuvo que ser construido con alguna finalidad obligando al dueño a realizar esta inversión.

Las lombrices se deben costear en su totalidad, porque así hayan sido conseguidas por distintas fuentes, estas deben tenerse en cuenta para cuando algún agricultor o persona interesada desee empezar una investigación como la que se está realizando, sepa con exactitud los costos de un proyecto de esta índole

7 CONCLUSIONES

- ✓ Conocer la cantidad de residuos sólidos orgánicos con los que cuenta la finca, permitió establecer la composición de los sustratos. Del total de los residuos los de mayor representación son el pasto que se obtienen 25 kilos por semanas, el troncho del plátano que se obtienen 2 kilos por semana y la cascara de la papa que se obtienen 500 gramos por semana, la boñiga fue suministrada de fincas vecinas en cantidades de 125 kilos por semana. Tener estos datos nos permitió proponer los 3 tipos de sustratos teniendo en cuenta las recomendaciones reportadas en el estado del arte.

- ✓ Tener monitoreadas las variables técnicas del proceso ayuda a que el desarrollo de los animales no presente alteraciones sustanciales, dado que si la cama se encuentra en las condiciones ideales de humedad (alrededor de 4 gotas) facilita el desplazamiento de la lombriz por toda la cama, al igual que si el pH está dentro del rango establecido en la escala (5 a 8) hace que la Roja californiana siga con su proceso de reproducción normalmente. La temperatura también influye en el comportamiento del anélido, se espera que esta se encuentre entre 15°C -25 °C generando un mejor desempeño en la reproducción de esta especie.

- ✓ Diseñar un protocolo para el manejo del lombricultivo y el seguimiento o monitoreo de las variables (pH, Humedad, Temperatura) permitió que las labores se realizaran de manera sistemático, así se puede estandarizar procesos para realizar un seguimiento a los resultados esperados. Un proceso estandarizado permite trabajar en condiciones seguras y retirar elementos innecesarios del puesto de trabajo.

- ✓ El diseño experimental permitió identificar qué el tratamiento más favorable para la reproducción de las lombrices es el número 1 constituido por ser 100% boñiga de vaca, esto es coherente con lo reportado en la literatura pues este sustrato favorece la reproducción y contribuye al favorable. Al ver los datos encontramos que la desviación más baja la dio este concluyendo así que tiene mayor

estabilidad en los datos haciendo que este sea el número uno. Incremento de peso de los anélidos. (4). A través del diseño se corroboró porque el Tratamiento T1 es el más

- ✓ El T3 compuesto por el troncho del plátano, la cascara de papa, la boñiga y el pasto de corte fue la segunda alternativa más viable en la reproducción de la lombriz roja californiana y se corrobora con el diseño experimental ya que es el segundo tratamiento que no difiere en media con el tratamiento T1. Por esta razón se debe tener en cuenta en el momento que no se pueda contar con la disponibilidad del desperdicio del T1 para la alimentación de estas.
- ✓ Sabiendo que es fundamental tener en cuenta el coeficiente de correlación R2 ya que este da soporte en los resultados por tener que estar por encima del 80%, es importante decir que en la práctica y principalmente en proyectos agrícolas por la cantidad de variables que pueden influir como temperatura (14), humedad (3), pH (3), frecuencia de riego (36) y al no estar controladas, sino por solo haberles realizado seguimiento, el valor obtenido se convierte en algo no determinante en los resultados finales en caso de ser bajo, pues para el trabajo realizado se obtuvo un R2 del 32,40 % y no necesariamente significa que se haya hecho un mal procedimiento.

Recomendaciones

Las recomendaciones siguientes son producto de mejoras que se puede realizar en el proyecto para mitigar posibles riesgos que puede correr durante su elaboración o algunas implementaciones que se pueden dar en el mediano o largo plazo como continuación a lo que ya se hizo.

- ✓ A raíz de haber hallado que el tratamiento 1 es el más favorable para la reproducción de las lombrices, este debe ser el único sustrato con el que se deben alimentar las lombrices pertenecientes a todas las camas, en caso de no contar con la disponibilidad de residuos de este tratamiento, entonces hacer uso del tratamiento 3.

- ✓ Aplicar medidas de seguridad para la protección de las lombrices, pues el forraje puesto alrededor del establo no cubre lo suficiente, pues estos animales aún se encuentran expuestas a ser atacadas por enemigos, como aves e insectos o estar expuestas a los cambios naturales como lluvias en invierno o altas temperaturas en verano, además esto permite aumentar las condiciones de oscuridad evitando la muerte del animal en caso de que este expuesto a la luz por un largo tiempo.
- ✓ Adicionar en la guadua utilizada para la construcción del establo y de las camas adhesivos que proporcionen firmeza y dureza mecánica para evitar el deterioro de estos materiales ocasionado por las condiciones ambientales y dando una vida útil prolongada.
- ✓ Ampliar el tamaño del largo de las camas a 3m (tamaño estándar), dando prioridad al aumento acelerado en la reproducción de los animales para hacer producción extensiva de lombrices y abono orgánico con fines comerciales después de los 7 meses de haber iniciado el proyecto.
- ✓ Estandarizar el proceso de alimentación de la lombriz roja californiana, proporcionándole una cantidad de 45 kilos de boñiga por cama cada 2 semanas.
- ✓ Implementar métodos de retención del lixiviado producto de la lombricultura en recipientes para dar su uso como abono líquido. Es importante decir que este puede ser utilizado como fumigante de cualquier tipo de cultivos que sea comúnmente atacado por insectos.
- ✓ Fomentar la aplicación de este tipo de proyectos a la comunidad para que conozcan la importancia de desarrollar lombricultura, producir lombriz para la comercialización y como actividad secundaria producción de abono orgánico para uso propio.
- ✓ Para incrementar el R2 (coeficiente de determinación) en este tipo de ensayos se recomienda aumentar el tamaño de muestra y tener en cuenta otros factores que afectan la reproducción de la lombriz, como la frecuencia de alimentación (34), concentración de como metales pesados en el sustrato (Cd, As, Cr, Tl, etc.) (37), relación carbono/nitrógeno (35), la frecuencia de

riego (38) pues estudios realizados logran determinar como la cantidad de riego afecta en la biomasa/ lombriz y la colocación de capsulas por parte de la roja californiana e incluir o controlar variables como temperatura, humedad y Ph, sin embargo se debe tener en cuenta que inclusión de algunos de los factores mencionados anteriormente al diseño experimental acarrea mayores costos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Clavería Cacheo, Claudia Lorena.** Universidad de San Carlos de Guatemala. [En línea] Agosto de 2005. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0943_Q.pdf.
2. **Amézquita, Mynor David Girón.** *Evaluación de dos métodos en la extracción de lombriz coqueta roja (Eisenia foetida), tradicional y de capas en la producción de lombricompost.* Guatemala : s.n., 2006.
3. **Rodríguez, Ing. José Arnold Pineda.** *Lombricultura.* Tegucigalpa, Honduras : s.n., Diciembre de 2006.
4. **Durán Lolita, Henríquez Carlos.** Sector Agro Alimentario. [En línea] 05 de Mayo de 2009. http://www.mag.go.cr/rev_agr/v33n02_275.pdf.
5. **Medina, Ing. Agr. Misc. Leoner.** *Lombricultura.* Coro : s.n., 2003.
6. **Juan M. Pinos-Rodríguez^{1*}, Juan C. García-López¹.** *Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América.* San Luis de Potosí, México : Altair.
7. **Allendes, Carlos Vergara del Río Oscar Saavedra.** *Estudio de prefactibilidad técnico-económica del diseño de una planta de lombricultura en base a residuos orgánicos para la producción de abono para la industria de viveros.* Santiago de Chile : s.n., junio de 2012.
8. **Gómez, Lenin Mendoza.** *Manual de lombricultura.* 2008.
9. **Universidad de la Habana.** *Lombricultura y desarrollo sostenible.* La Habana : Universitaria, 2006.
10. **Díaz, Eduardo.** *Guía de Lombricultura.* Municipio Capital de la Rioja : s.n., 2012.
11. **Reinés Alvarez, Martha.** *Lombricultura Alternativa del Desarrollo Sostenible.* México : s.n., 1998.
12. **Schuldt Miguel, Rumi Alejandra y Gutiérrez Gregoric Diego E.** *Determinación de "edades" (clases) en poblaciones de Eisenia foetida.* Buenos Aires : s.n., 2005.
13. **Acevedo, Carlos; Gasca Gladys; Peláez Jhon; Guzman Carlos.** *Agronet.* 1998.
14. **Ferruzzi, Carlo.** *Manual de lombricultura.* 1986.

15. **Pavesa, Carlos César.** *Ergomix*. 1999.
16. Manual de Lombricultura. [En línea] <http://www.manualdelombricultura.com/>.
17. Eumed.net Enciclopedia virtual. [En línea]
<http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/hfm.html>.
18. **Lenin, Mendoza Gómez.** Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Chiapas. [En línea] Julio de 2008.
<http://www.cecytech.edu.mx/Pdf/manuallombricultura.pdf>.
19. **Gutierrez Pulido, Humberto y De la Vara Salazar, Román.** *Análisis y Diseño de Experimentos*. México D. C. : Mc Graw Hill, 2008. 970-10-6526-3.
20. Puebla, Universidad de las Americas. [En línea]
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/florian_m_a/capitulo4.pdf.
21. **Martínez, Orlando.** *Agropecuaria, Técnicas estadísticas y diseño de experimentos para la investigación*. s.l. : Universidad Nacional de Colombia.
22. **Granada, Universidad de.** Universidad de Granada. [En línea]
http://www.ugr.es/~bioestad/_private/cpfund3.pdf.
23. **Montgomery, Douglas C.** *Diseño y Análisis de Experimentos*. s.l. : Limusa Wiley.
24. **O. Kuehl, Robert.** *Diseño de Experimentos*. s.l. : Thomson.
25. **Ciencias, Facultad de.** *Universidad Nacional de Colombia*. [En línea]
http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/html/un3/cont_313-56.html.
26. *actiweb*. [En línea] [Citado el: 24 de febrero de 2013.]
<http://www.actiweb.es/viveloverde/lombricultura.html>.
27. *lombricultura-casera*. [En línea] [Citado el: 24 de febrero de 2013.]
<http://www.lombricultura-casera.com/controlaracidezlombricultivocascarashuevo/>.
28. **Dolado, Javier.** *Validez de las Predicciones en la Estimación de Costes*.
29. **Smith, Hugh A., Capinera, Jhon L, Mc Vean, Charles M.** *Reduciendo el uso de pesticidas en arveja china de Guatemala exportada a Estados Unidos de América*. .
30. **Gomez Peralta, Modesto Armando, Lacayo Morales Jennifer Imelda, Rosales Rivera Martha Cecilia.** *Hojas de Chan (Hyptis suaveolens) para el control de Sitophilus zeamais Y Zabrotes subfasciatus*. León, Nicaragua : s.n.

31. **Beatriz, Villacé Molinero.** *Estudio etnobotánico de los huerttos urbanos colectivos de Madrid.* Madrid. : s.n., junio 2012.
32. **Mora Orlando, Milla Manuel, Gómez Hecdy.** Scientific Electronic Library Online. [En línea] http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612003000300003&lng=en&nrm=iso&ignore=.html.
33. **Elena, Rodríguez Martínez.** *Errores Frecuentes en la Interpretación del Coeficiente de Determinación Lineal.* Madrid. : Anuario Jurídico y Económico Escurialense ,XXXIII, 2005.
34. **Hernández A Jackeline A, Pietrosevoli C Silvana, Faría R Alfredo, Palma ricardo, Canelón Roberto.** *Efecto de la frecuencia de alimentación en el crecimiento y la reproducción de la lombriz Eisenia spp.* Caracas : s.n., abril de 2009.
35. **Morales Munguía Julio César, Fernández Ramírez María Virginia, Montiel Cota Agustín, Peralta Beltrán Beatriz Catalina.** *Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (eisenia foetida).* junio de 2009.
36. **POLO HERNÁNDEZ ALDO M, DEL VALLE MARCANO LEIDA, GRANADILLO MARIANA, MARCANO ELENA CECILIA, CORTESÍA CARMEN ADRIANA,HERNÁNDEZ JUANNY.** *CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE LA LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (EISENIA ANDREI) EN SUSTRATOS CON CADMIO.* Venezuela : s.n., 2011.
37. **Polo Hernández Aldo M, Del Valle Marcano Leida, Granadillo Mariana, Marcano Elena Cecilia. Cortesía Carmen Adriana, Hernández Juanny.** *Crecimiento y reproducción de la lombriz roja californiana (Eisenia Andrei) en sustratos con Cadmio.* Maracaibo, Venezuela : s.n., mayo de 2011.
38. **Hernández A Jackeline A, Pietrosevoli C Silvana, Faría R Alfredo, Palma ricardo, Canelón Roberto, Martínez Julia.** *Frecuencia de riego en el crecimiento de la lombriz(Eisenia spp) y caracterización química del vermicompost.* Caracas : s.n., abril de 2006.
39. **Mirabelli, Emilio.** *Generalidades sobre criaderos de lombrices rojas.* Buenos Aires : s.n.
40. **Reines, M- Sierra A -Rodriguez C.** *Manual de Instrucciones para el Desarrollo de la Lombricultura.* 1984.

41. **S., Gustavo Ramón.** *Diseños experimentales* . Antioquia : Universidad de Antioquia.
42. **Urdaneta, Universidad Rafael.** *Diseño de Bloques Complementos al Azar.*
43. **Hernández Jacqueline A, Pietrosevoli C Silvana, Faría R Alfredo, Palma Ricardo , Canelón Robert.** Scientific Electronic Library Online. [En línea] 2009. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442009000400010&script=sci_arttext.
44. **MoralesMunguía ulioCésar, FernándezRamírez MaríaVirginia, Montiel Cota Agustín , Peralta Beltrán BeatrizCatalina.** *Evaluación de sustratos orgánicos en la producción de lombricomposta y el desarrollo de lombriz (eisenia foetida).* 2009.