

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**



**Evaluación de tres niveles de sustitución con harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como fuente proteica, en la alimentación de alevines de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*).**

**POR:**

**Br. Maritza Stephanie Alvarenga Pérez  
Br. Ariana Gabriela Escobar Machuca  
Br. Fátima Beatriz Flores Hernández**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2017**



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**



**Evaluación de tres niveles de sustitución con harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como fuente proteica, en la alimentación de alevines de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*).**

**POR:**

**Br. Maritza Stephanie Alvarenga Pérez  
Br. Ariana Gabriela Escobar Machuca  
Br. Fátima Beatriz Flores Hernández**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2017**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**



**Evaluación de tres niveles de sustitución con harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como fuente proteica, en la alimentación de alevines de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*).**

**POR:**

**Br. Maritza Stephanie Alvarenga Pérez  
Br. Ariana Gabriela Escobar Machuca  
Br. Fátima Beatriz Flores Hernández**

**REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
LICENCIADA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2017**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

**Msc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**SECRETARIO GENERAL**

**Msc. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO**

**Ing. Agr. Msc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA**

**SECRETARIO**

**Ing. Agr. Msc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO**

**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA**

F. \_\_\_\_\_  
**ING. LUDWING VLADIMIR LEYTON BARRIENTOS**

**DOCENTES DIRECTORES**

F. \_\_\_\_\_  
**ING. DAVID ERNESTO MARIN HERNÁNDEZ**

F. \_\_\_\_\_  
**ING. ENRIQUE ALONSO ALAS GARCÍA**

**COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN**

F. \_\_\_\_\_  
**ING. ENRIQUE ALONSO ALAS GARCÍA**

## RESUMEN

Se evaluó el desempeño productivo de crías de tilapia *Oreochromis niloticus* monosexuales del tipo TGM alimentados con cuatro dietas isoproteicas al 45%. Se probó la factibilidad productiva y económica de reemplazar la harina de pescado por harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de proteína animal; los tratamientos fueron tres niveles de sustitución de 25% (T1), 50% (T2) y 75% (T3) y un testigo con 100% harina de pescado. Se utilizaron 1,380 crías ( $0.05 \pm 0.02$  g, < 1 cm) divididos en 4 grupos de 345 alevines distribuidos aleatoriamente un grupo por tratamiento. El ensayo se realizó durante 35 días en los meses de Octubre y Noviembre en la Facultad de Ciencias Agronómicas de la sede central de la Universidad de El Salvador. Se emplearon estanques de geomembrana con capacidad de 1.38 m<sup>3</sup>. Efectuándose muestreos semanales a todos los tratamientos de peso vivo (g), talla (cm) y medición de oxígeno disuelto, PH y temperatura en los estanques. Se realizaron ajustes semanales de alimentación en base a las biomásas obtenidas en los muestreos; el alimento fue ofrecido 4 veces al día (7:00 a.m., 10: 00 a.m., 1:00 p.m., 4: 00 p.m.). Las variables evaluadas fueron: peso vivo (P), ganancia de peso (GP), alimento consumido (AP), conversión alimenticia (FCA), talla (T) y mortalidad (M); se encontraron diferencias significativas en P y GP ( $p = 0.0001$ ) y FCA ( $p = 0.009$ ). Los análisis de presupuesto parcial y de dominancia indicaron que T0 era económicamente superior siendo dominante sobre T1, T2 y T3. Finalmente se concluyó que es factible productivamente sustituir la proteína proveniente de la harina de pescado por la proteína procedente de la harina de lombriz roja californiana hasta en un 25% del total de proteína bruta en la dieta sin sacrificar los valores finales de los parámetros de peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia a la quinta semana de edad de crías de tilapia nilotica.

**Palabras claves:** Tilapia nilotica, Alevines, Harina de pescado, Harina de lombriz, Niveles de sustitución, Proteína en la dieta.

## SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the productive performance of monosexual TGM-type *Oreochromis niloticus* fry, fed with four isoprotein diets at 45%. The productive and economic feasibility of replacing fish meal with worm meal (*Eisenia foetida*) as a source of animal protein was tested; the treatments were three levels of substitution of 25% (T1), 50% (T2) and 75% (T3) and a control with 100% fish meal. A total of 1,380 offspring ( $0.05 \pm 0.02$  g, <1 cm) were divided into 4 groups of 345 fry randomly assigned one treatment per group. The test was carried out during 35 days in the months of October and November in the Faculty of Agronomic Sciences of the headquarters of the University of El Salvador. Geomembrane ponds with a capacity of 1.38 m<sup>3</sup> were used. Weekly sampling was carried out on all treatments of live weight (g), height (cm) and measurement of dissolved oxygen, PH and temperature in the ponds. Weekly feeding adjustments were made based on the biomass obtained from the samples; the food was offered 4 times a day (7:00 a.m., 10:00 a.m., 1:00 p.m., 4:00 p.m.). The variables evaluated were: live weight (P), weight gain (GP), food consumed (AP), feed conversion (FCA), height (T) and mortality (M); Significant differences were found in P and GP ( $p = 0.0001$ ) and FCA ( $p = 0.009$ ). The partial budget and dominance analyzes indicated that T0 was economically superior being dominant over T1, T2 and T3. Finally, it was concluded that it is feasible to productively replace protein from fish meal by protein from California red worm meal up to 25% of total crude protein in the diet without sacrificing the final values of the weight parameters Live, weight gain and feed conversion at the fifth week of age of tilapia nilotica pups.

**Key words:** *Tilapia nilotica*, Fry, Fish meal, Worm meal, replacement levels, protein in diet.



## **AGRADECIMIENTO**

### **A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

Por ser nuestra alma mater fuente de nuestra formación profesional de incuestionable prestigio.

### **A NUESTROS DOCENTES DIRECTORES**

Ing. David Ernesto Marín Hernández e Ing. Enrique Alonso Alas García por su guía y respaldo en la elaboración de este proyecto.

### **A NUESTROS DOCENTES DEL JURADO CALIFICADOR**

Ing. Elmer Edgardo Corea Guillén, Ing. Carlos Enrique Ruano Iraheta e Ing. David Ernesto Marín Hernández por su dedicación en el perfeccionamiento de este documento.

### **A TODOS AQUELLOS QUE PARTICIPARON DIRECTA O INDIRECTAMENTE EN LA REALIZACIÓN DE ESTE PROYECTO**

A Ing. Omar Antonio Lara Díaz de la Estación Experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

A Ing. Armando Romero y Tec. Efrén Bernabé Rosa de CENDEPESCA

A Los señores Francisco, Johnny, Carlos y José trabajadores de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

## DEDICATORIA

Primeramente le dedico este logro a Dios nuestro creador por haberme dado la vida, por haber cuidado de mí desde el día de mi nacimiento hasta hoy y porque si hoy en día culminó este nuevo escalón en mi vida es solo porque Dios así lo ha querido a través del inmerecido amor con el que me ha resguardado cada día y porque el decidió poner esta vocación en mi corazón desde el albor de mi existencia.

A mi madre Blanca Maritza Pérez Flores por ser el amor más bello que he conocido y conoceré en mi vida; por ser mi mamá, mi mejor amiga y mi confidente. Por ser la sonrisa tierna y el abrazo cálido en los momentos en que la vida fue implacable conmigo ella ha sido el refugio de amor donde encontré fuerzas renovadas para seguir.

A mi padre Franklin Gamaliel Alvarenga Mártir por haber procurado mi bienestar durante toda mi vida, por haber luchado por mí en los momentos en que desvaríe el camino; por haber creído en mi decisión de vida por esta vocación y darme su apoyo siempre que lo necesite y que me ha permitido llegar hasta aquí.

A mi tía y madrina Juana Flores por ser una presencia positiva y motivadora para mí a través de su ejemplo de superación y sus consejos; por siempre estar presente en mi vida y ser un apoyo invaluable para mi madre y para mí.

A mi abuelo Alfonso Arístides Alvarenga por compartir conmigo la fascinación por la zootecnia. Por su interés y apoyo en la culminación de este logro y por habernos dado su apoyo incondicional en uno de los momentos más difíciles de nuestra vida familiar y por el que le estoy inmensamente agradecida.

A mis amigos Johann, Saraí, Cesar, Carlos, Javier, Aída, Fátima y Vicky por haberme brindado su amistad, su complicidad y su apoyo a lo largo de los años haciendo más ameno mi paso por las desavenencias con la vida y llenándome de alegrías al compartir aventuras y travesuras juntos.

Maritza Stephanie Alvarenga Pérez

## DEDICATORIA

Dedico la finalización de una fase tan importante en mi carrera, primeramente a **Dios**, por haber escuchado siempre mis oraciones, por darme la sabiduría para entender muchas cosas de mi carrera, por darme las fuerzas para seguir luchando cada vez que quería rendirme, por darme una segunda oportunidad al haberme sacado con vida de mi accidente y poder así culminar muchas cosas y por siempre estar a mi lado.

A mi mamá **Claudia Machuca**, por ser mi fuente de inspiración para seguir estudiando y tener un título universitario así como ella, por luchar por mis sueños, por enseñarme que por más difícil que sean las circunstancias siempre se sale adelante, por darme siempre su apoyo en todos los aspectos, por siempre estar a mi lado hasta en los momentos más difíciles y lo más importante por el amor que me da y la paciencia que me ha tenido.

A mi papá **Rafael Escobar**, porque a pesar de que no estuvo de acuerdo con mi decisión de optar por esta carrera, nunca me quito su apoyo y eso para mí significo mucho a lo largo de este trayecto que no fue fácil terminar porque sé que puedo contar con él.

A mis abuelitos **Margarita García y Mauricio Cuellar**, porque en los momentos de escases que pase, nunca me desampararon.

A mis hermanas **Fátima Mendoza y Ada Ramírez**, por estar orgullosas de mí y en especial a mi hermana mayor Ada por hacerme compañía cuando nadie más pudo hacerlo y por siempre apoyarme.

A **Elsa Hernández** por hacerme compañía y apoyarme en los momentos más estresantes de la fase de campo de la tesis, por creer en mí y por haber estado conmigo en momentos muy importantes de mi vida y de mi carrera.

**Ariana Gabriela Escobar Machuca**

## DEDICATORIA

Doy gracias dios por haberme dado la vida y darme sabiduría para llegar a finalizar mis estudios.

A mi papá **Mauricio Flores Madrid** por ser un ejemplo a seguir siendo siempre trabajador, amigo y padre de familia, por enseñarme que todo se puede alcanzar en la vida siendo perseverante; que en los momentos más difíciles él estuvo presente apoyándome y brindándome ánimos para salir adelante.

A mi mamá **Silvia Dinora Hernández de Flores** por ser un gran apoyo incondicional en mi vida, por estar siempre conmigo en las buenas y las malas; apoyándome, dándome fuerzas y valor para seguir adelante en la vida y los estudios, gracias a ella y a mi padre he logrado valorar el gran esfuerzo que han hecho para proporcionarme los estudios.

Gracias a la universidad de el salvador por ser mi segundo hogar para formarme académicamente y moralmente, a mis maestros por compartir sus conocimientos y mis asesores de tesis por estar con nosotros en esta fase de investigación. También le agradezco a mis compañeros de tesis y amigos por el apoyo que me han brindado todo este tiempo.

FATIMA BEATRIZ FLORES HERNANDEZ

## INDICE GENERAL

<b>RESUMEN.....</b>	<b>iv</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>viii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Generalidades del cultivo de tilapia.....	3
2.2 Importancia del cultivo de tilapia en El Salvador .....	3
2.3. Características y manejo de la tilapia.....	4
2.3.1. Taxonomía .....	4
2.3.2. Morfología del género <i>Oreochromis</i> .....	4
2.3.3. Producción de alevines.....	5
2.3.4. Producción de alevín monosexual .....	5
2.3.4.1. Sexaje manual.....	6
2.3.4.2. Hibridación .....	6
2.3.4.3. Reversión química del sexo.....	6
2.3.4.4. Tilapia genéticamente macho TGM .....	6
2.3.5. Técnica para producir supermachos.....	7
2.3.6. Recolección y pre cría de alevines .....	7
2.3.7. Sistemas de pre- cría de alevines.....	8
2.3.7.1. Sistema de pila .....	8
2.3.7.2. Sistema de Jaula.....	8
2.3.8. Mortalidad en la pre-cría de alevines .....	8
2.3.9. Requerimientos nutricionales.....	8

2.3.9.1.	Proteínas .....	9
2.3.9.2.	Aminoácidos .....	9
2.3.9.3.	Lípidos .....	9
2.3.9.4.	Vitaminas .....	10
2.3.9.5.	Minerales .....	10
2.3.10.	Alimentación .....	11
2.3.11.	Factor de Conversión Alimenticia .....	12
2.3.12.	Muestreos periódicos de crecimiento .....	12
2.3.13.	Parámetros fisicoquímicos requeridos en el cultivo de la tilapia ..	13
2.3.13.1.	Temperatura .....	13
2.3.13.2.	Oxígeno Disuelto (O <sub>2</sub> ) .....	13
2.3.13.3.	Salinidad .....	14
2.3.13.4.	PH .....	14
2.4.	Características y manejo de la lombriz roja californiana .....	14
2.4.1.	Crianza de lombriz roja californiana ( <i>Eisenia foetida</i> ) .....	14
2.4.2.	Taxonomía de la lombriz roja californiana .....	15
2.4.3.	Ciclo biológico .....	15
2.4.4.	Ventajas del cultivo de lombriz roja californiana .....	15
2.4.5.	Desventaja del cultivo de lombriz roja californiana .....	16
2.4.6.	Manejo .....	16
2.4.7.	Humedad .....	16
2.4.8.	Temperatura .....	17
2.4.9.	Luz .....	17
2.4.10.	Alimentación .....	17
2.4.11.	Harina de lombriz ( <i>E. Foetida</i> ) como sustituto en dietas acuícolas 18	
2.4.12.	Aporte nutricional de la harina de lombriz californiana .....	18
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>20</b>
3.1.	Descripción del estudio .....	20

3.1.1. Localización .....	20
3.1.2. Periodo de duración de la investigación .....	20
3.1.3. Unidades Experimentales.....	20
3.1.4. Transporte de los alevines .....	20
3.1.5. Equipo e instalaciones .....	21
3.2. Metodología de campo.....	22
3.2.1. Descripción y distribución de los Tratamientos.....	22
3.2.2. Acondicionamiento de los estanques .....	22
3.2.3. Densidad de siembra .....	23
3.2.4. Siembra de los alevines .....	23
3.2.5. Manejo de agua y oxigenación .....	23
3.2.6. Manejo y ajuste de la alimentación.....	24
3.2.7. Toma de datos .....	25
3.2.8. Manejo de parámetros físico químicos .....	25
3.3. Metodología de laboratorio .....	26
3.3.1. Materia prima para elaboración de la harina de lombriz.....	26
3.3.2. Crianza de lombriz.....	26
3.3.3. Elaboración de la harina .....	26
3.3.4. Formulación de las dietas .....	27
3.3.5. Composición de los tratamientos.....	28
3.3.6. Análisis de laboratorio.....	28
3.4. Metodología estadística.....	29
3.4.1. Diseño experimental.....	29
3.4.2. Modelo matemático .....	30
3.4.3. Variables en estudio .....	30
3.4.3.1. Peso .....	30
3.4.3.2. Ganancia de peso .....	30
3.4.3.3. Consumo de alimento.....	31

3.4.3.4.	Conversión alimenticia.....	31
3.4.3.5.	Talla .....	31
3.4.3.6.	Mortalidad.....	32
3.5.	Metodología económica.....	32
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>34</b>
4.1.	Pesos.....	34
4.2.	Ganancia de Peso.....	36
4.3.	Alimento consumido.....	38
4.4.	Conversión alimenticia .....	39
4.5.	Tallas .....	41
4.6.	Mortalidad .....	43
4.7.	Análisis Económico.....	46
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>49</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>56</b>
	Anexo 1. ....	86
	Anexo 2. ....	88
	Anexo 3. ....	89
	Anexo 4 .....	90



## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos de proteína y lípidos según el estado de desarrollo de la tilapia .....	9
Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de tilapia en fase de alevín .....	11
Cuadro 3. Niveles óptimos de vitaminas y minerales .....	11
Cuadro 4. Contenido de proteína y nivel de sustitución de la proteína de h. pescado por proteína de h. lombriz según la formulación. ....	22
Cuadro 5. Guía para el cálculo del alimento según la edad .....	25
Cuadro 6. Cantidad de harina de lombriz obtenida en cada fecha de procesamiento .....	27
Cuadro 7. Descripción de las fórmulas de concentrado usadas por tratamiento en porcentajes .....	28
Cuadro 8. Contenido de proteína y humedad de los tratamientos y las harinas de lombriz y pescado.....	29
Cuadro 9. Cálculo de los grados de libertad .....	30
Cuadro 10. Peso promedio de alevin de tilapia al final de las 5 semanas de ensayo, en los diferentes tratamientos.....	34
Cuadro 11. Ganancia de peso acumulada por tratamiento al final del ensayo .....	36
Cuadro 12. Alimento consumido semanalmente por tratamiento .....	38
Cuadro 13. Conversión alimenticia acumulada durante todo el ensayo, en los diferentes tratamientos .....	40
Cuadro 14. Tallas promedio por alevin de tilapia durante todo el ensayo, en los diferentes tratamientos .....	42
Cuadro 15. Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia totales para cada tratamiento.....	44
Cuadro 16. Presupuesto parcial y beneficios netos .....	46
Cuadro 17. Análisis de dominancia.....	46
Cuadro A- 1. Composición química de la harina de lombriz según los sustratos alimenticios.....	56
Cuadro A- 2. Parámetros químicos y físicos medidos semanalmente en los tratamientos.....	56

Cuadro A- 3. Primer cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina.....	57
Cuadro A- 4. Segunda cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina.....	58
Cuadro A- 5. Tercera cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina.....	59
Cuadro A- 6. Cuarta cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina .....	59
Cuadro A- 7. Composición de la formula (T0) .....	60
Cuadro A- 8. Composición de la formula (T1) .....	60
Cuadro A- 9. Composición de la formula (T2) .....	61
Cuadro A- 10. Composición de la formula (T3) .....	61
Cuadro A- 11. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 1.....	62
Cuadro A- 12. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 2.....	63
Cuadro A- 13. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 3.....	64
Cuadro A- 14. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 4.....	65
Cuadro A- 15. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 5.....	66
Cuadro A- 16. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 1 .....	67
Cuadro A- 17. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 2 .....	68
Cuadro A- 18. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 3 .....	69
Cuadro A- 19. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 4 .....	70
Cuadro A- 20. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 5 .....	71
Cuadro A- 21. Tabla de conversión alimenticia semanal por tratamiento .....	72
Cuadro A- 22. Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para los pesos .....	72
Cuadro A- 23. Prueba de diferencia mínima significativa para los pesos .....	73
Cuadro A- 24. Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para las ganancia de peso.....	73
Cuadro A- 25. Prueba de diferencia mínima significativa para la ganancia de peso .....	73
Cuadro A- 26. Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para las conversiones alimenticias .....	74
Cuadro A- 27. Prueba de diferencia mínima significativa para la conversión alimenticia.....	74
Cuadro A- 28. Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para las tallas .....	74
Cuadro A- 29. Prueba de diferencia mínima significativa para la conversión alimenticia.....	75
Cuadro A- 30. Mortalidades diarias registradas por tratamiento durante las cinco semanas .....	76
Cuadro A- 31. Costo de un quintal por ingrediente .....	77

Cuadro A- 32. Costo de producir un kilogramo de lombriz viva.....	77
Cuadro A- 33. Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T0 .....	77
Cuadro A- 34. Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T1 .....	78
Cuadro A- 35. Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T2 .....	78
Cuadro A- 36. Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T3 .....	79

## INDICE DE FIGURAS

Figura A- 1. Características taxonómicas de la tilapia.....	79
Figura A- 2. Diferenciación genital en el género Oreochromis .....	80
Figura A- 3. Cruces de tilapia más comunes para la obtención de híbridos .....	80
Figura A- 4 Esquema para la obtención de alevines TGM .....	80
Figura A- 5. Geomembrana .....	81
Figura A- 6. Estanques cilíndricos de geomembrana.....	81
Figura A- 7. Vista interna del desagüe del estanque.....	81
Figura A- 8. Torre de metal utilizada para la instauración del sistema de goteo.....	82
Figura A- 9. Barriles plásticos suspendidos en la torre de hierro.....	82
Figura A- 10. Sistema de filtro dentro de los estanques blancos.....	82
Figura A- 11. Vista superior del sistema de goteo por gravedad .....	83
Figura A- 12. Lamina transparente utilizada para mejorar la luminosidad .....	83
Figura A- 13. Orientación geográfica, infraestructura y distribución del ensayo .....	83
Figura A- 14. Cama para la crianza de las lombrices.....	84
Figura A- 15. Muestreo de peso.....	84
Figura A- 16. Muestreo tallas .....	84
Figura A- 17. Elaboración de la harina de lombriz.....	84
Figura A- 18. Exámenes químicos a los tratamientos, harinas de lombriz y pescado.....	85

## 1. INTRODUCCION

La Acuicultura se define como “La técnica que permite aumentar la producción de animales y plantas acuáticas para consumo humano, por medio de cierto control de los organismos y de su medio ambiente” FAO (2015); es también considerada por este organismo internacional como el sector de producción de alimentos de crecimiento más acelerado representado actualmente casi el 50% de los productos pesqueros mundiales destinados a la alimentación.

La Acuicultura se inició en El Salvador en 1962 y desde entonces forma parte importante de la economía y la seguridad alimentaria de las familias salvadoreñas. En la Acuicultura uno de los factores de mayor importancia determinante es la alimentación. La tilapia requiere para su normal crecimiento muchos nutrientes determinados por las distintas características del pez. Para cada edad, condición y tamaño se requerirá un tipo de alimentación específica (Piscicultura global 2015).

Los precios actuales de los concentrados comerciales a disposición de los productores de alevines de tilapia en El Salvador reportan precios que oscilan los 36.00 – 38.00 USD/qq (45.45kg); para los productores estos precios constituyen un desafío económico para la sostenibilidad de sus negocios, la mayoría de rubros pecuarios donde los costos de alimentación constituyen hasta un 75-80% de los costos de producción. La formulación de dietas para tilapia tiene sus desafíos muy particulares al considerar entre otros el medio acuático en que viven, la gran cantidad de materias primas habituales que se utilizan para elaborar concentrados que en su mayoría son de difícil acceso y de costo económico elevado como la harina de pescado. La fase de inicio de la tilapia sus requerimientos nutricionales son los más altos de todo el ciclo de producción siendo periodo fisiológico más exigente para el pez. Durante la fase de inicio el alevín necesita un 45% de proteína en su alimento (DINARA y FAO 2010), siendo la proteína el factor nutricional que constituye el mayor costo económico en la formula dietética del precio del concentrado.

Es importante para los productores buscar alternativas reales para producir su propio concentrado elaborado de forma alternativa y así reducir los costos de producción. La continua búsqueda de materias primas con valores de nutrimentos que se adecuen a los

requerimientos nutricionales de la tilapia siempre es válida en tanto que ayuden a elevar la rentabilidad de los productores.

La harina de lombriz californiana (*Eisenia foetida*) ha reportado altos niveles de proteína tanto como un 82% (Ferruzzi 1987, citado por Sales-Dávila 1996); por lo que ha sido investigada para ser incluida como materia prima en la alimentación de pollos y varias especies de peces entre ellos la tilapia. Como resultado de la crianza de estas se obtiene el lombriabono que es un beneficio extra para los agricultores que se dedican a la siembra de diversos cultivos. Además, si se adiciona en un alimento artesanal, se esperaría reducir aún más los costos de producción.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de tres diferentes niveles de sustitución de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la alimentación de alevines de tilapia, a través de las variables productivas (ganancia de peso, talla, conversión alimenticia) y mortalidad.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Generalidades del cultivo de tilapia**

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es un pez nativo de África y el medio Oriente donde ha sido una importante fuente alimenticia y su incorporación a sistemas de producción acuícola comenzó entre los años 1950 y 1960 en diferentes lugares del mundo. En las últimas décadas, la tilapia ha sido una de las especies líderes en la acuicultura mundial, bajo sistemas muy variables de producción que van desde extensivos hasta súper-intensivos, de pequeña y gran escala (Maldonado-Henríquez 2011).

Por sus características favorables de adaptación, la tilapia es muy apropiada para la piscicultura. Tiene rápido crecimiento, es fácil su reproducción y tiene resistencia a enfermedades. Otras bondades de la tilapia es su bajo costo de producción, la tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, su habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y soportar un amplio rango de salinidades, por las condiciones extremas del agua marina. Técnicamente, la tilapia tiene una enorme capacidad para nutrirse a partir de una gran gama de alimentos naturales y artificiales. Sin embargo, la gran desventaja de la tilapia es que no resiste el frío y generalmente cuando la temperatura se encuentra abajo de 10°C siempre causa mortalidad. (CENDEPESCA 2008).

### **2.2 Importancia del cultivo de tilapia en El Salvador**

La demanda de alevines de tilapia en el país es de 20 – 26 millones por año, esto obedece a que el cultivo de tilapia ha aumentado su desarrollo en los últimos 10 años, la cantidad de productores dedicados al engorde de tilapia oscila entre 320 a 350 en todo el país a nivel comercial, según datos de la última encuesta nacional, el área de cultivo en el país oscila entre 170 a 180 hectáreas en estanques y unas 340 a 360 jaulas en lagos, lagunas y embalses del país con una producción promedio de 15 TM/Ha/Ciclo (toneladas métricas por hectárea por ciclo de producción) cada año (CENDEPESCA y Misión Técnica Taiwán 2013).

## **2.3. Características y manejo de la tilapia**

### **2.3.1. Taxonomía**

Tilapia es un término genérico utilizado para designar un grupo de especies de peces de valor comercial pertenecientes a la familia Cichlidae, estando dispersas en aguas tropicales y subtropicales del mundo pero siendo únicamente naturales de África. Una característica distintiva de los géneros que integran el grupo de las tilapias es el ornamento reproductivo que se refiere al tipo de cuidado que los progenitores brindan a sus crías las cuales no se ven en otras especies de peces. En las especies del género *Oreochromis* la madre incuba los huevos en la boca y una vez nacidos, cuidan la descendencia por un tiempo adicional (incubadores bucales) (Toledo-Pérez y García-Capote s.f.). Según Trewawas 1982, citado por Marcillo-Gallino (2008), menciona que la familia Cichlidae se divide en los géneros: *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis*, *Danakilia*. Dentro del género *Oreochromis* las especies más importantes son *O. niloticus* (tilapia nilotica), *O. aureus* (tilapia azul) *O. mossambicus* (tilapia negra).

### **2.3.2. Morfología del género *Oreochromis***

A cada lado de la cabeza, la tilapia presenta un solo orificio nasal que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido y discoidal, es decir, raramente alargado. La boca es frecuentemente ancha y bordeada por los labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y, en algunas ocasiones dientes incisivos. Para su locomoción posee aletas pares e impares; las aletas pares son las pectorales y las ventrales mientras que las aletas impares la constituyen las dorsales, caudal y anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas; la aleta dorsal se dispone en forma de cresta. La aleta caudal es redonda y trunca (Cuevas-Rodríguez 2010) (figura A-1).



### **2.3.3. Producción de alevines**

El proceso de reproducción de *Oreochromis niloticus* se muestra a continuación, según CENDESPESCA 2008: Siembra de los reproductores: Se pueden sembrar en estanques o pilas a una relación de 1.5 - 2 machos por cada 3 hembras y densidad de 2 - 4 peces por m<sup>2</sup>

Período de reconocimiento: su duración es de 3 - 4 días. Durante este tiempo los reproductores exploran su nuevo ambiente y se acostumbran a él. Cortejo y reproducción: su duración es indefinido. Los machos se dirigen al fondo del estanque y delimitan su territorio limpiando un área circular de 20 - 30 centímetros de diámetro y 5 - 8 centímetros de profundidad; la hembra es atraída para ser cortejada por el macho. Durante el cortejo el macho golpea con su aleta caudal el abdomen de la hembra estimulando la expulsión de los huevos. La hembra deposita los huevos en el nido para que sean fertilizados por el macho; ya fertilizados los huevos son recogidos por la hembra con la boca. Período de Incubación: dura entre 3 - 5 días. Los huevos permanecen durante este tiempo en la boca de la hembra por lo que no se alimentara mientras este incubando los huevos para no dañarlos. Alevines jóvenes: su duración es de 5 - 7 días. Durante este tiempo son también llamados "jaramugos" cuentan con su saco vitelino para alimentarse y permanecen con su madre algún tiempo durante el cual la hembra tampoco se alimenta. Separación de la madre: A partir de la segunda semana de vida. Una vez independizados de sus madres los jaramugos forman bancos que pueden ser fácilmente vistos después de 10 -15 días de la siembra de reproductores.

### **2.3.4. Producción de alevín monosexual**

El mayor problema en el cultivo de la tilapia es que las hembras crecen más lentamente que los machos; la maduración sexual temprana desvía la energía del crecimiento a la reproducción y la crianza; dando resultados no deseados por hacinamiento y competencia. La solución más eficaz a este problema es producir únicamente el pez macho (Fishgen 2005). Las técnicas más usadas para la producción comercial de machos son:

#### **2.3.4.1. Sexaje manual**

El reconocimiento del dimorfismo sexual aplicando tinta china o azul de metileno o mediante la simple observación si el tamaño de los peces así lo permite de la papila urogenital. En el caso de los machos, la papila genital presenta un solo orificio, que es la uretra; mientras que las hembras presentan dos orificios: la uretra y una ranura horizontal denominada oviducto genital. Este método depende de la experticia del observador (Marcillo-Gallino y Landívar-Zambrano 2008) (Figura A-2).

#### **2.3.4.2. Hibridación**

Como lo explica Hessberg *et al.* (1983), es la obtención de machos a través del cruce de dos o más especies puras, genéticamente diferentes. Este método solo tiene éxito mediante la utilización de reproductores homogaméticos, debido a que en el género *Oreochromis* existen especies con cariotipo sexual similar a la especie humana con la hembra homogamética XX (*O. niloticus*, *O. mossambicus*) así como también especies con cariotipo opuesto a la especie humano con machos homogaméticos ZZ (*O. Urolepis hornurum*, *O. aureus*) (Marcillo-Gallino y Landívar-Zambrano 2008) (Figura A-3).

#### **2.3.4.3. Reversión química del sexo**

Se realiza mediante la administración de una hormona androgénica generalmente la 17 $\alpha$ -metilttestosterona a través del alimento que se suministra a los jaramugos en sus primeros 20 a 30 días de vida, iniciando a partir del tercer día pos eclosión (Hessberg *et al.*1983).

#### **2.3.4.4. Tilapia genéticamente macho TGM**

Esta es una tecnología desarrollada por la empresa Fishgen™ con colaboradores como la University of Wales Swansea. Las tilapias genéticamente macho fueron desarrolladas por primera vez en Filipinas y fueron probadas en todos los sistemas de producción (Fishgen 2005).

### **2.3.5. Técnica para producir supermachos**

Esta es una técnica que combina el uso de feminización hormonal y manipulación genética. La base de la técnica es a través de estimulación hormonal feminizante para lograr que peces genéticamente machos se conviertan en hembras funcionales, es decir en seres fenotípica y fisiológicamente capaces de procrear como hembras pero manteniendo sus cromosomas XY; estas hembras funcionales se cruzan con machos normales, produciéndose tres posibles resultados en su progenie: hembras (XX), machos normales (XY) y los supermachos (YY). Para identificar a los supermachos (YY) entre el conjunto de machos, se cruzan con hembras normales (XX); mientras que los machos normales que se crucen procrearan tanto hembras como machos, los supermachos que se crucen procrearan únicamente machos normales (XY). Ya identificados los supermachos (YY) para perpetuar su línea, se cruzan con supermachos (YY) feminizados hormonalmente de tal forma que su descendencia serán únicamente supermachos (YY). Toda la progenie de supermachos (YY) con hembras normales (XX) serán tilapias macho genéticamente mejorados (TGM). La técnica de supermachos se realiza únicamente a nivel de laboratorio y son los alevines TGM los que finalmente se venden a los productores (CENDEPESCA 2008) (Figura A-4).

### **2.3.6. Recolección y pre cría de alevines**

Se define como jaramugos: pez recién eclosionado que pesa menos de 1 gramo o mide menos de 2.5 centímetros de largo total; también llamado jaramugo; Así también, define como Alevín: a peces con peso de 1 a 25 gramos o largo total mayor a 2.5 centímetros y es una denominación genérica en los peces. La recolección de jaramugos se realiza haciendo uso de una red fina y se trasladan a un estanque de pre-cría. La cosecha de jaramugos en los estanques de reproductores se realiza cada 1 o 2 semanas (International Center for Aquaculture and Aquatic environments of the University of Auburn s.f.).

La explotación comercial de la tilapia, requiere que los jaramugos sean llevados a estanques por separado de los reproductores; por varios motivos entre ellos el canibalismo que presenta la tilapia adulta hacia los jaramugos; ya que a excepción de la madre que cuida sus crías los primeros días de vida dentro de su boca, el resto de tilapias adultas del estanque se alimentaran fácilmente de los jaramugos que encuentren. Otro

motivo, es que al no poder determinar la biomasa del estanque por la continua reproducción se corre el riesgo de sub alimentar a los peces provocando finalmente canibalismo, mortalidad y peces con pesos menores a los esperados. Los estanques de pre-cría permiten la cosecha de alevines con pesos y tamaños homogéneos (CENDEPESCA 2008).

### **2.3.7. Sistemas de pre- cría de alevines**

#### **2.3.7.1. Sistema de pila**

Se consideran densidades de siembra de 2,500 peces/m<sup>3</sup>. Al día 28 de edad los alevines se clasifican de acuerdo a tamaño y se mueven a diferentes pilas para seguir la pre- cría hasta llegar a la talla de venta (CENDEPESCA y Misión Técnica Taiwán 2013).

#### **2.3.7.2. Sistema de Jaula**

Se consideran densidades de siembra de 3,000 peces/ m<sup>3</sup>, significa que en cada jaula con 10 m<sup>3</sup> se sembraran 30,000 jaramugos (CENDEPESCA y Misión Técnica Taiwán 2013).

### **2.3.8. Mortalidad en la pre-cría de alevines**

La mortalidad de las larvas durante la pre-cría es de cerca de 35% con crías sembradas a 600 / m<sup>2</sup> y la mortalidad de las crías durante la segunda pre-cría es de cerca de 20% con larvas sembradas a 100 / m<sup>2</sup> ( International Center for Aquaculture and Aquactic environments of the University of Auburn s.f.).

### **2.3.9. Requerimientos nutricionales**

Como las demás especies animales la tilapia requiere de todos los grupos nutricionales ya conocidos: proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales como se muestra en los cuadro 1, 2 y 3.

### 2.3.9.1. Proteínas

Consideradas como el constituyente más importante de cualquier célula viviente; representa el grupo químico más abundante en el cuerpo de los animales, con excepción del agua. Las funciones de la proteína en el ser vivo son: la formación de tejido nuevo, reparación del tejido dañado y desgastado, la formación de otras sustancias biológicamente importantes tales como los anticuerpos (SAGARPA *et al.* 2014?).

El tamaño y la edad del pez, la fuente proteica, el contenido de energía de la ración, calidad del agua y las condiciones de cultivo, afectan los requerimientos de proteína de la tilapia Torres-Novoa y Hurtado-Nery (2012).

**Cuadro 1.** Requerimientos de proteína y lípidos según el estado de desarrollo de la tilapia

ETAPA	FORMA	PROTEINA %	LIPIDOS %	RANGO DE PESO (G)
Alevin	Harina	50 a 53	12 a 15	1-5
Cría	Migaja triturada	44 a 45	6 a 15	5-50
Juveniles	Extruido flotante	35	3 a 8	50-100
Engorde	Extruido flotante	30 a 32	3 a 6	100-350
Engorde	Extruido flotante	25 a 30	2 a 6	350-más

Hernández y Jiménez 2013.

### 2.3.9.2. Aminoácidos

Cada especie acuícola animal requiere una combinación de aminoácidos determinada; el requerimiento en aminoácidos no es una cantidad fija, sino que depende de la edad, sexo, variedad genética, nivel de rendimiento, etc. Los aminoácidos esenciales deben suministrarse necesariamente en la dieta, puesto que el organismo no puede sintetizarlos por sí mismo. Los principales aminoácidos esenciales en la dieta de la tilapia nilotica son: Arginina, Histidina, Isoleucina, Leucina, Valina. (FAO 2017).

### 2.3.9.3. Lípidos

Los lípidos son un grupo de sustancias, encontradas tanto en tejidos vegetales como

animales, se pueden utilizar como energía, de modo tal que las proteínas, nutrientes mucho más valorables, se destinen exclusivamente para el crecimiento de los seres vivos; por lo que el uso cuidadoso de los lípidos puede representar un ahorro referente a la utilización de proteína. Desde el punto de vista de elaboración del alimento, los lípidos actúan como lubricante, que ayuda en el paso del alimento a través del molino; además ayudan a reducir el polvo en los alimentos y juegan un importante papel en la textura suave y la palatabilidad del alimento; al ser empleados como ligantes, sirven como constituyentes dietéticos esenciales para la elaboración de dietas estables en el agua (SAGARPA *et al.* 2014?).

#### **2.3.9.4. Vitaminas**

La mayor parte de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, porque deben estar suplementadas en una dieta balanceada. Su importancia radica en el factor de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas (SAGARPA *et al.* 2005?). Una de las vitaminas más limitante en la alimentación es la vitamina “C”; según Barros *et al.* (2002), citado por Torres-Novoa y Hurtado-Nery (2012), el ácido ascórbico facilita la absorción de hierro, previniendo así, la anemia en peces. Además, el ácido ascórbico ayuda a la vitamina E para minimizar la peroxidación de los lípidos en los tejidos del pez. La tilapia del Nilo no puede sintetizar la vitamina “C” debido a la ausencia de la enzima L-glulonolactona oxidativa, para su formación a partir de glucosa.

#### **2.3.9.5. Minerales**

Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmoregulación (intercambio de sales) a nivel de las células. También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes (SAGARPA *et al.* 2005?).

Las tilapias pueden absorber algunos minerales no sólo de la dieta, sino también del ambiente acuático, como el calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, zinc, cobre, y selenio. Los minerales son utilizados en los procesos vitales de las tilapias, como formación de estructura de esqueleto, regulación de equilibrio ácido-base y osmoregulación, componentes de hormonas y enzimas, activación de enzimas, regulación de la captación, almacenamiento y excreción de varios elementos inorgánicos, permitiendo un equilibrio dinámico entre el pez y el medio acuático Torres-Novoa y Hurtado-Nery (2012).

## Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de tilapia en fase de alevín

NUTRIENTE ESENCIAL	REQUERIMIENTO DIETARIO
Proteína	45 - 60%
Carbohidratos	≤ 25%
Proteína: relación energética	120/ 110 mg/kg
Lípidos	5 - 8%

Fuente: Bhujel 2002

## Cuadro 3. Niveles óptimos de vitaminas y minerales

VITAMINAS ESENCIALES	REQUERIMIENTO DIETARIO	MINERALES ESENCIALES	REQUERIMIENTO DIETARIO
A	2,000 - 5,000 UI	Ca	0.3-0.7 %
B1	2 - 60 mg/kg	P	0.5-1.0 %
B2	5 - 60 mg/kg	I	0.6-1.1 mg/kg dieta
B6	2 - 20 mg/kg	Mg	0.5-0.8 g/Kg dieta
C	50 - 1,250 mg/kg	Zn	20 - 30 mg/ kg dieta
D	375 UI	Fe	≤ 17.05 mg/L
E	100 - 500 UI; 50-100 mg/kg	Cu, Cr	≤1.27 mg/L; 2 mg/ Kg

Fuente: Bhujel 2002

En cuanto a los requerimientos de energía las tilapias requieren básicamente de los ácidos linoleico y el araquidónico presentes en los aceites de origen vegetal. Los lípidos como fuente de energía de bajo costo y alto nivel energético mejoran la conversión alimenticia, estimulan el consumo de alimento y mejoran la digestibilidad de alimentos vegetales en dietas para tilapias del Nilo (Boscolo, citado por Torres-Novoa y Hurtado-Nery (2012).

### 2.3.10. Alimentación

En las especies del género *Oreochromis* la alimentación es omnívora, aunque en etapa juvenil es casi siempre zooplanctófaga. En cultivo acepta con facilidad alimentos artificiales o balanceados (ASTILAPIA 2009). El manejo alimentario de alevines de acuerdo a la edad, se muestra a continuación, según (CENDEPESCA y Misión Técnica Taiwán 2013), SAGARPA *et al.* 2014?:

0 - 7 días: con un peso de 0.05 g, se ofrece 30 - 40% de la cantidad de alimento en forma de harina con una frecuencia de 5 - 6 veces. Se mezcla agua con la harina y se hace una masa en forma de bola para poner encima del comedero.

8 - 14 días: con un peso de 0.10 g se ofrece 25 - 30% de alimento en forma de harina con una frecuencia de 5-6 veces. Manejo del alimento igual que en la etapa anterior.

15 - 21 días: peso 0.20 g, se ofrece 20 - 25% de alimento en forma de harina con una frecuencia de 5 - 6 veces. Manejo del alimento igual que en la etapa anterior.

22 - 28 días: peso 0.50 g 12 - 17% del alimento, se da en forma de harina con una frecuencia de 5-6 veces. Manejo del alimento igual que en la etapa anterior.

29 - 42 días: con un peso de 1.20 g. Cantidad de alimento 10 - 15% se ofrece en forma de migaja triturada con una frecuencia de 4 - 5 veces. A partir del día 35 se retira el comedero y se aplica el alimento directamente al espejo de agua.

### **2.3.11. Factor de Conversión Alimenticia**

Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración. El FCA también depende de la edad del pez. Los mejores valores se encuentran en peces jóvenes y el FCA aumenta lentamente con la edad del pez hasta tender a infinito cuando el pez alcanza su peso máximo y deja de crecer (Saavedra 2006). Los valores de conversión alimenticia aceptables para el cultivo de tilapia son de 1.2 a 1.5 (piscicultura global 2012); otros autores consideran valores de conversión alimenticia más altos que van de 1.6 a 1.9 (Espejo y Torres (2001), citados por Martínez G. *et al* 2015).

### **2.3.12. Muestreos periódicos de crecimiento**

Para poder tener un buen control de la alimentación, los muestreos deben ser realizados siempre en los mismos intervalos de tiempo y el mismo día de la semana. Se recomienda realizarlos cada 14 días en operación normal y cada 8 días. Cuando existen estanques o jaulas con problemas de mortalidad fuerte, deben muestrearse con equipo separado y desinfectarlo con amonio cuaternario a 200 ppm (Chemonics International Inc. 2012).

Los peces no deben comer antes de realizar el muestreo, deben estar en ayuno. Para no sacrificar los peces durante el muestreo, así que esta operación debe ser rápida y cuidadosa sin maltratar los peces. Se deben capturar muestras representativas de los



estanques dependiendo de la densidad de siembra y del tamaño promedio de los peces. La mecánica del muestreo debe garantizar una buena homogeneidad de la muestra al momento de la captura, es decir, que los peces capturados estén bien mezclados en el momento de tomar la muestra para que sea representativa de la estanque. Una vez obtenida una muestra homogénea de peces, se procede a pesarlos en la balanza (Chemonics International Inc. 2012).

### **2.3.13. Parámetros fisicoquímicos requeridos en el cultivo de la tilapia**

Para el óptimo desarrollo de la tilapia se requiere que en el sitio de cultivo se mantengan los requerimientos medio ambientales en los siguientes valores:

#### **2.3.13.1. Temperatura**

Los peces son animales poiquiloterms su temperatura corporal depende de la temperatura del medio y altamente termófilos dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende mayor consumo de oxígeno (Nicovita 2009).

Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15 °C no crecen. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42 °C. Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, cuando se presentan cambios repentinos de 5 °C en la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces muere. Cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11 °C. (Saavedra 2006).

#### **2.3.13.2. Oxígeno Disuelto (O<sub>2</sub>)**

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua es un indicador importante de la calidad del agua y de los tipos de vida existentes. Si bien las tilapias pueden tolerar niveles bajos de oxígeno disuelto (1mg/l), está demostrado que si los niveles de oxígeno no se mantienen

en concentraciones apropiadas (> 4 mg/l), las tilapias se afectan y no comen, lo que hace que los peces puedan ser más susceptibles a enfermedades. Cuando los niveles de oxígeno disuelto disminuyen en el cuerpo de agua, cae a rangos subnormales (< 1 mg/l), las tilapias se colocan en la superficie del agua, buscando tomar directamente el oxígeno atmosférico, para lo cual extienden los labios permitiendo tomar más fácilmente el oxígeno (FONDEPES 2004).

#### **2.3.13.3. Salinidad**

*Oreochromis niloticus* puede tolerar diferentes salinidades pero son sensibles a los cambios bruscos de la misma produciendo mortalidad. El agua de mar contiene 34 ppt (partes por mil) de salinidad, el agua dulce tiene muy poco o nada, normalmente menor o igual a 1 ppt.

#### **2.3.13.4. PH**

El pH interviene determinando si un agua es dura o blanda, la tilapia crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino. Su crecimiento se reduce en aguas ácidas y toleran hasta un pH de 5; un alto valor de pH (de 10 durante las tardes) no las afecta y el límite, aparentemente, es de 11. Con valores de 6.5 a 9 se tienen condiciones para el cultivo (Saavedra 2006).

### **2.4. Características y manejo de la lombriz roja californiana**

#### **2.4.1. Crianza de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)**

Existe una gran cantidad de especies de lombrices, sin embargo no todas pueden ser “domesticadas” para beneficio del ser humano. La gran mayoría no soporta la manipulación humana. La lombriz roja californiana demostró poder ser explotada productivamente con grandes beneficios (Maldonado Henríquez 2011).

#### **2.4.2. Taxonomía de la lombriz roja californiana**

La lombriz roja californiana se clasifica dentro del Filum Anélido, la clase Oligochaeta, el Orden Opisthoros y la familia Lumbricidae, se caracteriza por presentar una segmentación interna y externa en el cuerpo. Cada segmento semeja a un anillo, característica base de su clasificación de anélido. Oligochaeta se diferencia de Polichaeta y Hirudinea por la presencia de pocas cerdas en cada segmento (Mayorga y Urey 2015).

#### **2.4.3. Ciclo biológico**

La lombriz es hermafrodita cada lombriz posee un aparato masculino y uno femenino albergados en su estructura anatómica llamado clitelio, pero no puede autofecundarse necesitando de otra lombriz para lograr la fecundación con el esperma del otro individuo. Algunos autores mencionan que la madurez sexual se alcanza al mes y medio en condiciones favorables de temperatura, ya que parece haber una relación entre las temperaturas altas y la precocidad sexual, otros autores sin embargo mencionan un tiempo de tres meses. Cada una de las lombrices que copulan pondrá un huevo también llamado "cocoon". Las lombrices ponen un huevo cada siete días aproximadamente el cual permanece en período de incubación durante 23 días. Al momento de la eclosión cada huevo contiene varias lombrices entre 2 a 21 en el caso de *E. foetida*. Las lombrices recién nacidas son de color blanco, que se vuelve rosado a los 5 o 6 días y se convierte definitivamente en rojo oscuro a los 15 o 20 días. El tamaño de individuo adulto se alcanza a la edad de 7 meses (Díaz *et al.* 2008).

#### **2.4.4. Ventajas del cultivo de lombriz roja californiana**

La lombriz de tierra está considerada como el animal más perfecto, por haber concluido su ciclo evolutivo que le da características no encontradas en otros animales, como el no enfermarse y, por supuesto, no transmitirlos. Otras características son su alta capacidad de coagulación, restitución, regeneración de células, tejidos y órganos. Su sistema muscular longitudinal y transversal poderoso y perfecto, le permite desplazarse abriendo galerías en el interior de la tierra, manteniendo en perfecto estado la piel cuya aparente delicadeza es cuidada por una lubricación apenas perceptible, lo que inclusive no permite

ver señales de envejecimiento, puede a llegar a vivir 16 años (García *et al* 2012).

#### **2.4.5. Desventaja del cultivo de lombriz roja californiana**

No tiene desventajas el único inconveniente es que la lombriz no posee ningún tipo de defensa, por lo que cualquier organismo las puede atacar. Son atacadas generalmente por hormigas, ciempiés, tisanuros, ácaros, pájaros, ratones, topos, sapos, lagartijas, etc. Las hormigas presentan problemas serios en algunos casos. La forma que se ha encontrado para sacarlas de las camas de las lombrices es mediante la utilización de chingaste de café como repelente y como alimento para las lombrices. (García *et al* 2012)

#### **2.4.6. Manejo**

El manejo de camas consiste en alimentar, proporcionar agua y proteger a las lombrices; Una vez que las camas contienen lombrices, pasará un tiempo de 7 a 15 días para que las lombrices consuman el sustrato dependiendo de la cantidad de alimento y la densidad de la población. Es necesario que cada cama tenga una apertura en cada costado para que cuando caigan lluvias torrenciales no se formen pozas y no se ahoguen las lombrices. Las lluvias causan disminución en la población de lombrices. Otra práctica es que encima de la cama haya material seco como una capa de 10 cm. Uno de los objetivos de esta capa es conservar la humedad al no permitir que los rayos solares penetren perpendicularmente en la superficie de la cama, evitando que haya un desecamiento excesivo y además no permite que las gotas de lluvia caigan directamente en la cama. (FAMA. s.f)

#### **2.4.7. Humedad**

Las lombrices al no tener dientes, no pueden comer el alimento seco. La humedad óptima del alimento va del 70 al 80 por 100. Desde un punto de vista práctico, este grado de humedad se comprueba al comprimir un puñado de estiércol en la mano y comprobar que está totalmente húmedo, no suelta agua. La lombriz puede vivir en un medio con menor grado de humedad. Una humedad superior al 85 por 100 resulta muy perjudicial. Cuando el estiércol de los lechos no tiene la humedad requerida de un modo natural (lluvia) hay

que regarlo; pero hay que evitar los riegos excesivos, pues cuando la humedad es muy elevada se provoca una compactación de los lechos, lo que dificulta la aireación y, además, se produce un lavado de parte de las proteínas, con la consiguiente pérdida de valor alimenticio. Se utilizará agua potable apta para cualquier especie ganadera. (Fuentes-Yagüe s.f.).

#### **2.4.8. Temperatura**

Para poder lograr una rápida y uniforme reproducción la temperatura optima del sustrato o lugar donde viven las lombrices debe estar entre 16 y 28 °C. Hay temperaturas que van de 0 a 35°C, en las que se desarrollan las lombrices, según la especie. Durante épocas frías y en zonas áridas las lombrices permanecen inactivas en condiciones de sequía, enrollándose sobre su propio cuerpo. Con humedad y temperaturas adecuadas durante el día las lombrices permanecen en la parte superior de la galería con la parte anterior hacia la entrada cerrada con materia orgánica. Temperaturas altas causan desecación y por consiguiente la muerte. En condiciones naturales es difícil controlar este factor, pero cuando se tiene criadero con especie domésticas, el control de temperatura es muy importante, por lo que hay que estar preparado para protegerlas del frío y del calor. (Mayorga *et al.* 2015).

#### **2.4.9. Luz**

Las lombrices necesitan de oscuridad, la presencia de luz las afecta directamente; exposiciones por tiempo corto a los rayos ultravioleta las deshidrata y les causa la muerte de manera rápida. Toleran la luz roja pero evitan la azul y se estima que las lombrices más pigmentadas son menos sensibles. Durante la noche la lombriz saca su parte anterior de la galería, para explorar, alimentarse o aparearse (Mayorga *et al.* 2015)

#### **2.4.10. Alimentación**

Para alimentar las lombrices se puede utilizar este sustrato producto de una mezcla de residuos orgánicos vegetales (desechos de las cosechas, basura doméstica, residuos de la agroindustria, etc.) y de residuos animales (estiércoles), Con la materia orgánica se

prepara el compost, que aparte de ser el alimento es también el hábitat de la lombriz. Es importante que esta mezcla sea fermentada descompuesta entre 15 a 30 días, antes de ofrecerlas a las lombrices. La materia fresca tiende a acidificarse y calentarse durante la fase de descomposición, lo que puede causar daño a las lombrices. Las condiciones óptimas son las siguientes: pH 6.5 - 7.5, humedad 75%, temperatura 15 - 25°C, proteína 13%. La lombriz es un animal que respira por la piel y no posee dientes, razones por la cual el alimento debe estar siempre con una humedad del 70% para facilitarle la succión. (FAMA. s.f)

#### **2.4.11. Harina de lombriz (*E. Foetida*) como sustituto en dietas acuícolas**

La harina de lombriz posee un alto contenido proteico y un perfil balanceado de aminoácidos y de ácidos grasos, características que las presentan como altamente nutritiva. Esa fuente de proteínas de origen animal está siendo usada en la alimentación de animales (como suplemento alimenticio en alimentos balanceados). Poseen propiedades organolépticas receptoras que las hacen apetecibles para los animales. Varias características de la harina de lombriz promueven su utilización como materia prima en la formulación de raciones para todos los tipos de animales y todas las edades. (Cortés 2010).

Los nutrientes que contiene la harina de lombriz demostraron acelerar el proceso de crecimiento en los estanques, duplicando su tamaño en la mitad del tiempo. (Aguilar *et al.* 2010).

#### **2.4.12. Aporte nutricional de la harina de lombriz californiana**

Estudios realizados por Díaz *et al.* (2008), donde se alimentó a las lombrices con cuatro diferentes niveles de estiércol de bovino con el objetivo de medir la dinámica de crecimiento y reproducción de la lombriz roja californiana, así como el contenido bromatológico de la harina de lombriz. Los niveles analizados fueron: S0= estiércol de bovino 100%; S1= Estiércol de bovino (Eb) 97% + cepa de plátano (Cp) 1% + residuo de comederos de bovinos 2%; S2 =Eb 95% + cepa de caña (Cc) 3% + residuo de comederos de bovino 2%; S3 = Eb 96% + Cc 3% + cp 1%. Al analizar los resultados de la composición química de la harina de lombriz según los sustratos

alimenticios no se observaron diferencias significativas para los contenidos de proteína bruta, grasa, energía bruta, calcio y fósforo. En todos los casos los niveles de proteína bruta (PB) en base seca fueron superiores al 53%; siendo el nivel S0 el que reporto el nivel más alto de PB con 57,29%, el nivel S2 reporto el nivel más bajo con 53,98% de PB (Díaz *et al.* 2008) (cuadro A - 1).

Sales-Dávila (1996), realizó el estudio de la influencia del sustrato alimenticio de la lombriz en los resultados de los valores bromatológicos de la harina de lombriz probando 15 combinaciones de tipos de alimentos, encontrando posteriormente valores entre 43,43% a 64,20% de proteína en la harina de lombriz; siendo la combinación de estiércol de ovino con residuo de yuca el que resulto en la harina de lombriz con mayor valor proteico del estudio con un valor de 64.20% además de los siguientes valores grasa 8.40%, fosforo 0.63%, calcio 0.33%.

Los resultados anteriormente presentados apoyan a Ferruzzi (1987), citado por Sales Dávila (1996) quien habla de valores proteicos en la harina de Lombriz de 68% a 82%. Laissus citado por el mismo autor demostró dos años antes en 1985 valores de 62% a 64% de proteína bruta, de 7 % a 10% de grasa, 8% a 10% de ceniza y una energía bruta de 3,900 a 4,100 calorías sin que el autor aclare la fuente alimenticia de las lombrices.

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Descripción del estudio**

##### **3.1.1. Localización**

La investigación se realizó en el vivero de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador; con una elevación de 723 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas de 13° 43´ 09.1´´ latitud norte, 089° 12´ 02.0´´ longitud oeste. Con temperaturas entre los 28C° - 22C° (SNET 2015) con precipitación anual entre los 1,500 a 2,000 milímetros de lluvia (Córdova-Miranda *et al.*2001).

##### **3.1.2. Periodo de duración de la investigación**

La investigación tuvo una duración de ocho meses con 16 días, con una fase de campo que inició el 01 de marzo del 2016 y finalizó el 16 de noviembre 2016.

##### **3.1.3. Unidades Experimentales**

Se utilizaron 1,380 alevines de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) del tipo TGM de una semana de vida. Luego de la captura de los jaramugos para comprobar la homogeneidad de la población se tomó una muestra de 350 especímenes que correspondió a un 25% de la población y se les tomo peso y talla. Obteniéndose un peso promedio de  $0.05 \pm 0.02$  gr y talla menor a 1 cm; y se descartaron aquellos alevines que visualmente eran más grandes al promedio. Los alevines fueron adquiridos en la Estación Acuícola de Santa Cruz Porrillo a través del Centro de desarrollo de la Pesca y la Acuicultura (CENDEPESCA).

##### **3.1.4. Transporte de los alevines**

Los alevines fueron transportados 72,8 Km desde la Estación Acuícola Santa Cruz Porrillo hasta la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. Se realizó según el protocolo de traslado descrito en CENDEPESCA s.f. Los alevines fueron colocados en bolsas plásticas con capacidad de 48 litros de volumen; se utilizaron cuatro



bolsas con una densidad de 345 alevines cada una. La capacidad de las bolsas se distribuyó en un 25% con 12 litros de agua proveniente de la pila donde se encontraban los alevines, un 50% en oxígeno para la respiración de los alevines y el otro 25% para amarre. El transporte se realizó a las 4:00 a.m. de la madrugada para minimizar la mortalidad por estrés, llegando a destino a las 5:50 a.m.

### **3.1.5. Equipo e instalaciones**

Se utilizaron cuatro estanques cilíndricos elaborados en una armazón de varillas lisas de hierro de  $\frac{1}{4}$  p varillas corrugadas de hierro de  $\frac{1}{2}$  p y platinas de 1 p (25.4 mm). Por  $\frac{1}{8}$  p (25.4 mm); recubiertos con geomembrana de 1.5 mm de grosor. Con dimensiones de 1.40 m de altura, 0.56 m de radio y 1.12 m de diámetro de base con un volumen de capacidad  $1.38 \text{ m}^3$  con sistema de desagüe a 0.40 m de altura de la base (Figura A-5, A-6, A-7).

Se construyó una torre de hierro con tubo galvanizado de 1 p con las medidas: 2 m de altura y una base de 0.80 m por 0.80 m (Figura A-8) ; en la base de la torre se colocaron dos barriles plásticos con capacidad de 94.63 L de agua a los cuales se les adaptaron válvulas de 1 p a 0.10 m de la base y dentro de los cuales se fabricó un sistema de filtro que consistió en una base plástica suspendida 0.40 m. de la base sobre la cual había una sucesión de niveles de esponja de 3 mm de grosor, arena, esponja, grava, esponja, carbón macerado y por ultimo esponja; así también se utilizó un barril de metal de 94.63 L galones de capacidad (Figura A-9, A-10, A-11).

Para el acondicionamiento del área donde se colocaron los estanques se hizo en el terreno una limpieza de maleza y basura; se niveló la superficie del suelo y se colocaron cuatro láminas de fibra transparente acanalada cada una de 2.7 m de largo y 0.90 m de ancho en el techo para mejorar la luminosidad hacia los estanques (Figura A-12).

Para la crianza de las lombrices se utilizaron seis camas con forma de prisma rectangulares de iguales medidas construidas con láminas de hierro galvanizado reutilizadas de cajas industriales para lámparas fluorescentes; cada una de 1.22 m de largo, 0.65 m de ancho y 0.19 m de profundidad con una capacidad volumétrica de  $0.15 \text{ m}^3$  (Figura A-14)

Para las mediciones de los parámetros físico químicos de oxígeno disuelto, PH y temperatura durante los muestreos se emplearon la sonda multiparametro marca Hatch ® modelo HQ40D, balanza semi analítica marca Sartorius ® y un calibrador Vernier.

### 3.2. Metodología de campo

#### 3.2.1. Descripción y distribución de los Tratamientos

Los tratamientos consistieron en un testigo elaborado con harina de pescado como fuente proteica y tres diferentes niveles de sustitución con harina de lombriz roja californiana (Cuadro 4) en la dieta de alevines en fase de inicio durante 35 días. Todos los tratamientos fueron formulados para ser isoproteicos a 45%. (Figura A-13)

**Cuadro 4.** Contenido de proteína y nivel de sustitución de la proteína de h. pescado por proteína de h. lombriz según la formulación.

TRATAMIENTO	% DE PROTEÍNA EN EL ALIMENTO	% DE PROTEINA PROVENIENTE DE LA HARINA DE LOMBRIZ
$T_0$	45	0
$T_1$	45	25
$T_2$	45	50
$T_3$	45	75

#### 3.2.2. Acondicionamiento de los estanques

Tres días antes de la siembra de los alevines se lavaron los estanques con detergente para eliminar los residuos químicos de la geomembrana y de su proceso de moldeo. Se llenaron los estanques con agua potable a 0.70 m de altura de los mismos y se dejó reposar el agua 36 horas antes de la siembra con el objetivo de que el cloro contenido se volatilizara.

### **3.2.3. Densidad de siembra**

Se utilizó una densidad estándar de 500 alevines por m<sup>3</sup> sin embargo la proporción utilizada en base a esta densidad fue de 345 alevines en 0.69 m<sup>3</sup> del total de 1.38 m<sup>3</sup> de capacidad de los estanques. Se utilizó una densidad de siembra más baja a la recomendada en la literatura debido al sistema de oxigenación rústico y de construcción artesanal empleado; así también, debido a la limitada capacidad de producción de lombrices anticipando la capacidad de producción de harina de lombriz empleada en los tratamientos experimentales.

### **3.2.4. Siembra de los alevines**

Para la siembra se utilizó el protocolo descrito en CENDEPESCA 2008. Se colocó una bolsa con alevines por estanque; durante 20 minutos las bolsas aun con sus amarres flotaron en la superficie del agua ya que esto permitió la aclimatación de los alevines a las que fueron sus nuevas condiciones de medio acuático; posterior a este periodo de tiempo se desanudó el amarre de las bolsas y se ingresó una pequeña cantidad de agua del estanque al interior de la bolsa por otro periodo de 20 minutos al final del cual se sumergieron las bolsas para que los alevines salieran.

### **3.2.5. Manejo de agua y oxigenación**

El agua de abastecimiento para los estanques provenía de dos fuentes; la primera consistió en el llenado del barril de metal con agua potable todos los días a las 9 a.m. dejando reposar el agua por 24 horas para la eliminación del cloro, la segunda fuente provino del agua de descarte de los estanques ya que todos los días se extraían 0.20 m<sup>3</sup> por estanque; con el agua obtenida de ambas fuentes de aprovisionamiento se llenaban los dos barriles plásticos que se encontraban elevados del suelo sobre la torre de hierro; para poder hacer llegar el agua a los barriles se instaló un sistema de polea que era operado manualmente.

La oxigenación a los estanques se hacía a través de un sistema de goteo por gravedad proveniente de los dos barriles plásticos elevados sobre la torre de hierro, un barril

suministraba un goteo constante a dos estanques durante 7-8 horas; por medio de las válvulas adaptadas cercano a las bases de los dos barriles plásticos, el agua se desplazaba hacía los dos tubos de pvc de 2.50 M de largo cada uno, los cuales se posicionaron en declive a favor de los estanques. El goteo se iniciaba diariamente a las 5 p.m.

De tal modo que todos los días se hacían recambios de agua equivalente al 28.98% del total de agua en los estanques. El oxígeno era adicionado del ambiente al agua mecánicamente por el efecto de la gota cayendo sobre la superficie así también por el mismo oxígeno contenido en el agua potable de abastecimiento y del agua de descarte diario de los estanques que era purificada por el sistema de filtro dentro de cada barril plástico antes de regresar a los estanques (Anexo 1).

### **3.2.6. Manejo y ajuste de la alimentación**

La cantidad de alimento se fue ajustando semanalmente en base a porcentajes establecidos con relación a la biomasa de acuerdo a la edad del alevín según tablas de CENDEPESCA 2008 (Cuadro 5). Cada tratamiento era una población y por ende una biomasa independiente de las otras tres. Por medio del muestreo semanal se obtenían los pesos individuales de 100 alevines divididos en 4 repeticiones de 25 alevines por tratamiento así se promediaba el peso de cada tratamiento a través del peso promedio de sus 4 repeticiones; el dato obtenido se multiplicaba por la cantidad total de alevines por tratamiento (población) para obtener la biomasa. La frecuencia de alimentación fue de cuatro raciones al día a las 7:00 a.m., 10:00 a.m. 1:00 p.m. y 4:00 p.m.; la forma en la que se suministraba el alimento fue humedeciendo la ración de concentrado con una pequeña cantidad de agua para formar una pasta que se colocaba en platos plásticos sumergidos levemente de la superficie del agua.

**Cuadro 5.** Guía para el cálculo del alimento según la edad

<b>EDAD DEL ALEVÍN EN DÍAS</b>	<b>PORCENTAJE DE LA BIOMASA PARA CALCULAR LA CANTIDAD DE ALIMENTO</b>
0 – 7	30 - 40 %
8 – 14	25 - 30%
15 – 21	20 - 25%
22 – 28	12 - 17%
29 – 42	10 - 15%

Fuente: CENDEPESCA 2008

### **3.2.7. Toma de datos**

Se llevaron registros diarios de mortalidad y de alimentación sobre la cantidad y hora de la ración alimenticia, persona encargada y cualquier información relevante que surgiera; un registro único para los muestreos en los cuales se incluyeron los pesos y tallas promedios obtenidos, los parámetros fisicoquímicos leídos y la mortalidad del día (Anexo 2 y 3).

El alimento ofrecido no consumido era recolectado 30 Min antes de la siguiente hora de alimentación, puestos a secar en una bandeja y colectado en recipientes herméticos de vidrio por tratamiento para ser pesados semanalmente en una balanza analítica (Figura A-15, A-16).

### **3.2.8. Manejo de parámetros físico químicos**

Los parámetros químicos medidos fueron oxígeno disuelto y PH, así como también temperatura como parámetro físico; todos medidos con una sonda multiparametro. La medición fue realizada por personal del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas. La toma de parámetros se realizó una vez por semana a las 8:00 a.m. (Cuadro A-2)

### **3.3. Metodología de laboratorio**

#### **3.3.1. Materia prima para elaboración de la harina de lombriz**

La materia prima utilizada fue lombriz roja californiana viva (*Eisenia foetida*) para ello se realizó un período de crianza de cuatro meses. El pie de cría se adquirió en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en forma de donación de 1.2 Kg de lombrices vivas en diferentes estadios de desarrollo.

#### **3.3.2. Crianza de lombriz**

Se utilizaron las seis camas de lámina galvanizada con capacidad de 0.15 m<sup>3</sup> con una densidad inicial de siembra por cama de 0.20 kg de lombrices. Se alimentaron una vez por semana con una mezcla variada de desechos orgánicos con estiércol de bovino proveniente del ganado de la Estación experimental y de Practicas de la Facultad de Ciencias Agronómicas; la mezcla era previamente semi-compostado por ocho días antes de ser ofrecida a las lombrices. El período de crianza duró 4 meses y el período de cosecha fue de 45 días; recolectando 3.47 Kg de lombriz viva obteniendo en promedio 0.58 kg de lombriz viva por cama.

No se realizó el registro de ningún parámetro durante la fase de crianza de lombrices debido a no ser el objetivo del presente estudio; sin embargo se realizó la medición práctica de humedad mediante la prueba del puño (Cabrera Santa Cruz 2006) dos veces por semana a cada una de las camas y del resultado obtenido se corrigió el exceso o escasez de humedad según como fue necesario (Anexo 4).

#### **3.3.3. Elaboración de la harina**

Para la obtención de la harina se empleó el método SABAC (Sistema de Análisis Básico Correlativo). (Maldonado-Henríquez 2011). Se realizó un primer lavado que consistía en poner a las lombrices en un tamiz para lavarlas con agua potable hasta separar los residuos del compost del cuerpo de las lombrices; el siguiente paso se conoce como

beneficio y consistió en colocar la materia prima en un recipiente y se le agregó 1,000 ml de dilución de sal al 5%, se esperó diez minutos para desechar la solución; el segundo lavado se realizó con agua potable para eliminar los residuos desprendidos con la dilución de sal. En el laboratorio de Química Agrícola se pesaron las lombrices en una balanza semi-analítica; posteriormente se procedió al secado. En este paso las lombrices fueron deshidratadas colocándolas en placas de vidrio con todos los líquidos desprendidos y se pasaron a una estufa con una temperatura promedio de 105 C°, el tiempo de secado fue de seis a ocho horas, se retiraron de la estufa y con ayuda de una espátula se desprendió el producto de la superficie de la placas y se dejó enfriar por dos horas; el siguiente paso fue la pulverización en la cual el producto seco fue molido con un mortero nº 55 – 60 hasta dejar la mayor parte triturada, se terminó de afinar la partícula en un molino para que finalmente quedara la harina de lombriz; la harina de lombriz fue introducida en bolsas de polietileno y se conservaron en un equipo desecador (Cuadro 6 ) (Cuadros A-3 ,A-4, A-5, A-6) (Figura A-17).

**Cuadro 6.** Cantidad de harina de lombriz obtenida en cada fecha de procesamiento

FECHA DE PROCESAMIENTO	CANTIDAD EN GRAMOS	CANTIDAD EN LIBRAS	CANTIDAD EN KILGRAMOS
12/07/2016	46,46	0,10	0,047
18/07/2016	337,04	0,74	0,337
01/08/2016	105,98	0,23	0,106
30/08/2016	246,32	0,54	0,247
<b>TOTAL</b>	735,80	1,62	0,737

### 3.3.4. Formulación de las dietas

Se realizó a través de tablas en Microsoft Office Excel® que contenían los valores nutricionales de materias primas y con las cuales se construyeron los tratamientos tomando en consideración los requerimientos nutricionales de las tilapias durante la fase de alevines, así como las materias primas utilizadas mayormente en la elaboración de concentrados para estos animales. La formulación se realizó en base seca balanceando los niveles de proteína y grasa de cada ingrediente, hasta alcanzar el 45 % deseado, Los Ingredientes en cada dieta fueron mezclados manualmente (Cuadro A-7, A-8, A-9, A-10).

### 3.3.5. Composición de los tratamientos

Todas las materias primas a excepción de la harina de lombriz se adquirieron en las empresas fabricantes de concentrado comercial (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Descripción de las fórmulas de concentrado usadas por tratamiento en porcentajes

<b>INGREDIENTES</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Harina de Lombriz</b>	0	14.5	30	44.5
<b>Harina de pescado</b>	54	40.5	27	13.5
<b>Soya</b>	25	25	25	25
<b>Harina de Maíz</b>	18.50	17,5	15.5	14.5
<b>Grasa</b>	2	2	2	2
<b>Sal</b>	0.25	0.25	0.25	0.25
<b>Pre mezcla Vit.min</b>	0.25	0.25	0.25	0.25
<b>TOTAL</b>	100	100	100	100
<b>Precio por 45.45 kg</b>	\$58.15	\$60.48	\$63.59	\$66.62

### 3.3.6. Análisis de laboratorio

Se realizaron análisis de humedad por el método de gravimetría y proteína por el método de Kjeldahl <sup>1</sup> a la harina de lombriz, harina de pescado y a cada uno de los cuatros tratamientos en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador (figura A-18). Los resultados se presentan en el cuadro 8.

---

<sup>1</sup> Arias de Linares, A.Y. 2015. Examen bromatológico (entrevista). San Salvador, SV. Facultad de Ciencias Agronómicas, Departamento de Química Agrícola, Universidad de El Salvador



**Cuadro 8.** Contenido de proteína y humedad de los tratamientos y las harinas de lombriz y pescado

<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	<b>HUMEDAD %</b>	<b>PROTEINA %</b>
Concentrado T0	7.68	41.50
Concentrado T1	7.13	41.72
Concentrado T2	7.56	41.59
Concentrado T3	6.52	42.66
Harina de lombriz	4.40	52.70
Harina de pescado	7.30	57.20

### **3.4. Metodología estadística**

#### **3.4.1. Diseño experimental**

Diseño: completamente al azar.

Nº de población por tratamiento: 345 alevines.

Repeticiones: Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones; cada repetición estuvo formada por una muestra y cada muestra fue de 25 alevines.

Nº de tratamientos: 4

Factor de estudio: T0= testigo; T1= 25% de harina de lombriz; T2= 50% de harina de lombriz; T3= 75% de harina de lombriz

VARIABLES dependientes: peso vivo, Ganancia de peso, alimento consumido, conversión alimenticia, talla y mortalidad.

Prueba estadística: Análisis de varianza.

Prueba de comparación de medias: Prueba de diferencia mínima significativa.

Nivel de confianza:  $P < 0.05$ .

### 3.4.2. Modelo matemático

**Cuadro 9.** Cálculo de los grados de libertad

F DE V	GRADOS DE LIBERTAD		
Tratamiento	t – 1	4-1	3
Repeticiones	r – 1	16-1	15
Error	(t) - ( r)	15 – 3	12

El modelo estadístico para este diseño queda expresado por la ecuación siguiente:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Característica bajo estudio observado en el lote.

$\mu$  = Media Experimental

$t_i$  = Efecto del tratamiento "i".

$\epsilon_{ij}$  = Error experimental de la celda (i, j)

$i = 1, 2, \dots, a$  = número de tratamientos

$j = 1, 2, \dots, r$  = número de repeticiones de cada tratamiento.

### 3.4.3. Variables en estudio

Variables dependientes: peso, ganancia de peso, alimento consumido, conversión alimenticia, talla y mortalidad.

Variable independiente: nivel de inclusión de la harina de lombriz roja californiana.

#### 3.4.3.1. Peso

Se determinó el peso en gramos semanalmente mediante los muestreos; realizando simultáneamente a cada uno de los tratamientos 5 muestreos en total durante la investigación; se pesaron en balanza semi analítica 100 unidades experimentales por tratamiento formado de 4 grupos de 25 alevines cada uno. Para el análisis de varianza se utilizaron los pesos de las cuatro repeticiones de cada tratamiento correspondiente a la quinta y última semana. (Cuadros A-11, A-12, A-13, A-14, A-15).

#### 3.4.3.2. Ganancia de peso

Se obtuvo la ganancia de peso de acumulada durante las cinco semanas del ensayo (Cuadro A-21)

Fórmula utilizada:

**GP**= Peso inicial (g) - Peso final (g)

Dónde:

**GP** = ganancia de peso

#### **3.4.3.3. Consumo de alimento**

Se midió el consumo de alimento en gramos a la semana por tratamiento (Cuadro A-21).

Fórmula utilizada:

**CA**= cantidad de alimento suministrado (g) - cantidad de alimento rechazado (g).

**CA**= Consumo de alimento

#### **3.4.3.4. Conversión alimenticia**

La conversión alimenticia acumulada se obtuvo de dividir la cantidad total de alimento consumido durante el ensayo entre la ganancia de peso acumulada por repetición para cada tratamiento. (Cuadro A-21).

Fórmula utilizada:

**FCA**= Alimento consumido total / ganancia de peso acumulada

**FCA**= Factor de Conversión alimenticia

#### **3.4.3.5. Talla**

Se determinó semanalmente mediante los muestreos; realizando simultáneamente a cada uno de los tratamientos 5 muestreos en total durante la investigación; se midieron en un calibrador de Vernier 100 unidades experimentales por tratamiento midiéndose la longitud total que abarca desde la mandíbula hasta el final de la aleta caudal. Para el análisis de varianza se utilizaron los tallas de las cuatro repeticiones de cada tratamiento correspondiente a la quinta y última semana (Cuadros A-16, A-17, A-18, A-19, A-20).

#### **3.4.3.6. Mortalidad**

Se llevó el control de los alevines muertos diariamente por tratamiento mediante los registros. Para obtener los porcentajes de mortalidad:

Fórmula utilizada:

**M**= alevines muertos / Población original \* 100

**M**= Mortalidad

#### **3.5. Metodología económica**

Para el análisis económico de la investigación se aplicó el método propuesto por el Centro de Investigación para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT 1988) el cual se fundamenta en un análisis de presupuesto parcial y beneficio neto. Este es un método que se utiliza para organizar los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de los tratamientos alternativos. Permite comparar los beneficios brutos de cada tratamiento pero considerando los costos relacionados de cada tratamiento como su nombre lo indica es “parcial” ya que solo considera los costos directamente producidos por cada uno de los tratamientos en este caso los costos que varían y no aquellos costos que son comunes e indistintos de la implementación de cualesquiera de los tratamientos.

Para la construcción del presupuesto parcial se obtuvo el rendimiento medio que lo constituyó la cantidad de alevines supervivientes al final de las 5 semanas del ensayo; al rendimiento medio se le aplicó un ajuste del 10% para llevar los resultados obtenidos lo más parecido posible a los que obtendría a nivel del campo los productores tal como lo recomienda el principio del método (CIMMYT 1988). Para obtener el beneficio bruto de campo se realizó un sondeo a los productores de alevines de tilapia nilotica sobre el precio de venta de los alevines, se encontró que los precios varían de \$0.12 ctv a \$0.15 ctv; Siendo \$0.12 el precio de venta de la mayoría consultada por lo que se estableció \$0.12 como el precio de venta en el lugar. Se identificaron dos tipos de costos que varían que fueron el concentrado y la mano de obra, la sumatoria de ambos dio el total de costos que varían. Los beneficios netos se obtuvieron de restar a los beneficios brutos de campo el total de costos que varían.

En el presupuesto parcial en sí mismo no es suficiente para determinar cuál o cuáles entre los tratamientos son superiores económicamente para tal propósito se realizó un análisis de dominancia; para el análisis se elaboró una tabla en la que se ubicaron los tratamientos en orden en relación a los costos que varían, en la fila inmediata inferior se colocaron los beneficios netos. La finalidad de este ordenamiento de los datos es observar si al incrementarse los costos que varían hay un incremento de los beneficios netos, si existe tal incremento se determina que tal tratamiento es no dominado económicamente y por tanto un tratamiento superior económicamente si por el contrario al experimentar el cambio de un tratamiento a otro hay un incremento de los costos que varían y no así en los beneficios netos se concluye que son tratamientos dominados económicamente. La lógica de este análisis es que para el productor la proposición de percibir un incremento de sus ganancias proporcional a realizar primeramente una mayor inversión económica es promisoría.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Pesos

En el Cuadro 10 se presentan el peso promedio final por alevín para cada tratamiento. El análisis de varianza (Cuadro A-22) y la prueba de diferencia mínima significativa (Cuadro A-23), mostraron que los diferentes niveles de inclusión de harina de lombriz roja californiana en la formulación de las dietas alimenticias ofrecidas a alevines de tilapia del tipo TGM, produjeron diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ) sobre los pesos finales; siendo el tratamiento T3 que consistió en 75% de sustitución con harina de lombriz el que obtuvo el menor peso al final de las cinco semanas con 1.1208 g, seguido por T2 y T1; mientras que el tratamiento testigo T0 produjo el mayor peso al final de las cinco semanas.

**Cuadro 10.** Peso promedio de alevín de tilapia al final de las 5 semanas de ensayo, en los diferentes tratamientos

TRATAMIENTO	PROMEDIO (g)
T3 concentrado, 75% de harina de lombriz roja californiana	1,1208 a
T2 concentrado, 50% de harina de lombriz roja californiana	1,1678 b
T1 concentrado, 25% de harina de lombriz roja californiana	1,2002 b,c
T0 concentrado o testigo	1,2152 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

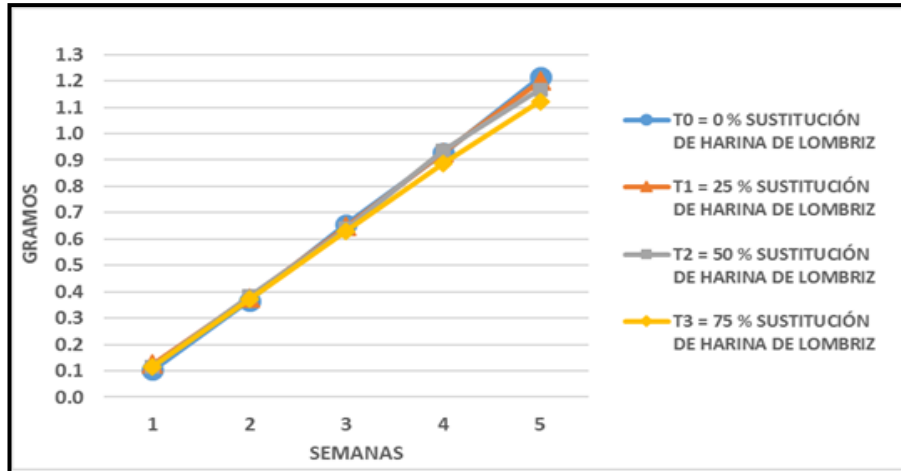
Los tratamientos T0 y T1 que representan al tratamiento testigo y al tratamiento con 25% de sustitución con harina de lombriz respectivamente fueron estadísticamente iguales; lo cual indica que al alimentar alevines de tilapia nilotica con alimento balanceado al 45% de proteína bruta del cual una cuarta parte de ese total (25%) provenga de la harina de lombriz roja californiana se obtienen los mismos resultados en cuanto al peso del alevín al final de la quinta semana de vida que si fueran alimentados con una dieta balanceada al mismo porcentaje de proteína bruta pero suplida en su totalidad por harina de pescado como ocurre actualmente en las formulaciones comerciales de alimento concentrado para tilapia.

Los resultados obtenidos también muestran que T1 no solo es estadísticamente igual para esta variable con el testigo sino también que lo es con el tratamiento T2. El tratamiento T3 que consistió en un aporte de tres cuartas partes (75%) de la proteína bruta con harina de lombriz roja californiana fue el peor evaluado al obtener el peso final más bajo. Por tanto la evidencia obtenida parece indicar una tendencia que a mayores niveles de sustitución de harina de pescado por harina de lombriz hay una respuesta inversa por el decremento del peso por alevín restrictivamente hasta la quinta semana de vida que fue el tiempo máximo evaluado en el presente estudio.

La harina de pescado suele ser el único ingrediente que aporta la proteína animal en las formulaciones de alimento comercial para peces de producción sin embargo ya se ha demostrado que es posible sustituir la harina de pescado por harina de lombriz roja californiana; estudios realizados por Bastardo *et al.* (2007) alimentando a truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con tres diferentes dietas experimentales todas ellas con 40,5% de contenido fijo de proteína, siendo estas el control y dos niveles de sustitución de 25% y 50% de harina de pescado por harina de lombriz demostró que no había diferencia estadística significativa entre el control o testigo y la dieta de 25% de harina de lombriz y sí entre la dieta de 50% de harina de lombriz y las otras dos mencionadas anteriormente por lo que concluye que es posible sustituir en un 25% la harina de pescado por la de lombriz. La presente investigación demostró que es posible sustituir la harina de pescado por harina de lombriz a un nivel tan alto como un 75% en dietas alimenticias de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en estado de alevín a un 40-45% de contenido de proteína fijo en la dieta.

Otros estudios han probado la sustitución de harina de pescado por otras materias primas sin mucho éxito al evaluar la respuesta productiva. Alvarado de Alizo (1994) citado por Bastardo *et al.* (2007) sustituyendo harina de pescado por harina de carne y hueso en dietas para truchas, encontró que al disminuir la harina de pescado por harina de carne y hueso, desciende el promedio de peso final ajustado, y no ajustado, ganancia de peso y tasa específica de crecimiento. A tiempo presente la harina de lombriz se postula como uno de los mejores sustitutos de la harina de pescado para obtener proteína de origen animal.

La Figura 1 representa el comportamiento de los diferentes pesos registrados por los tratamientos durante las cinco semanas; todos los tratamientos tuvieron un desempeño muy similar con una tendencia ascendente y homogénea.



**Figura 1.** Pesos semanales (promedio por animal) de los alevines, durante las cinco semanas (g) (n= 100 por tratamiento)

#### 4.2. Ganancia de Peso

En el Cuadro 11 se muestra la ganancia de peso acumulada para todo el ensayo para cada tratamiento. El análisis de varianza (Cuadro A- 24) y la prueba de diferencia mínima significativa (Cuadro A-25). Mostraron que los diferentes niveles de inclusión de harina de lombriz roja californiana en la formulación de las dietas alimenticias ofrecidas a alevines de tilapia del tipo TGM, produjeron diferencias significativas ( $p = 0.0001$ ) sobre las ganancias de peso.

**Cuadro 11.** Ganancia de peso acumulada por tratamiento al final del ensayo

TRATAMIENTO	PROMEDIO (g)
T3 concentrado, 75% de harina de lombriz roja californiana	1,07 a
T2 concentrado, 50% de harina de lombriz roja californiana	1,12 b
T1 concentrado, 25% de harina de lombriz roja californiana	1,15 c
T0 concentrado o testigo	1,16 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



Al igual que los resultados obtenidos en la variable peso, en la variable ganancia de peso los tratamientos T0 y T1 son estadísticamente iguales, sin embargo para esta variable T1 y T2 son tratamientos estadísticamente diferentes contrario a lo observado en la variable peso. El análisis mostro a T3 como el tratamiento con la menor ganancia de peso acumulada por alevín al final de la quinta semana de vida.

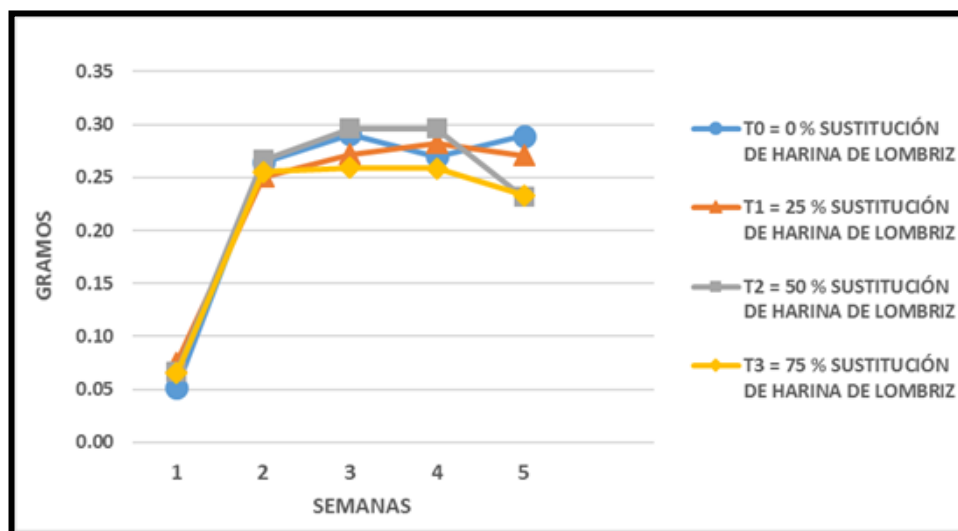
Los resultados alcanzados en el presente estudio concuerdan con los determinados por Sumagaysay-Chavoso (2007), citado por FAO (2017) en el que se plantea una ganancia de peso diaria de  $0.02 \pm 0.01$  g para crías de tilapia con pesos de 0.01-2 g, alimentados con pasta (humidificación de la harina); ya que como se muestra en el Cuadro 11 la ganancia de peso se estabilizo a partir de la segunda semana del ensayo manteniéndose hasta el final de la quinta semana en un margen de 0.22 g a 0.29 g lo que constituye una ganancia de peso diaria de 0.0332 g (T0), 0.0328 g (T1), 0.0317 g (T2), 0.0305 g (T3).

En un estudio realizado por García-Ulloa *et al.* (2012) con crías de tilapia nilotica con pesos promedios al inicio del experimento de  $0.0173 \pm 0.005$  g, probando dos dietas una de ellas un alimento comercial balanceado y una dieta de 90% alimento comercial y 10% de quistes decapsulados de Artemia; durante 30 días obtuvieron ganancias de peso diario de 0.025 g y 0.046 g respectivamente; Dichos resultados son muy similares a los obtenidos en la presente investigación; ambos estudios han sido realizados con unidades experimentales y una duración muy equiparables.

La ganancia de peso diaria de 0.025 g de las crías alimentadas con concentrado comercial del estudio llevado a cabo por García-Ulloa *et al.* (2012) es la que más se asemeja a las obtenidas por el T0, T1, T2 y T3 esto es probablemente debido a que el concentrado comercial utilizado estaba formulado con un 41.39% de proteína haciendo la comparación con T0 (41.50%), T1 (41.72%), T2 (41.59%) y T3 (42.66%); en contraste la dieta de 90% concentrado comercial y 10% Artemia contenía 51.05% de proteína un valor más alto que los estudiados en la presente investigación lo que factiblemente puede explicar la ganancia de peso diaria más alta.

En la figura 2 se muestra el desempeño de los tratamientos durante las cinco semanas para la variable ganancia de peso. En todos los tratamientos se observa un aumento drástico en la primera semana a partir de la cual hay una estabilización de la ganancia de

peso entre los 0.20 g a 0.30 g; se denota en la última semana la ligera caída de T2 Y T3, mientras que T0 y T1 finalizan muy similares.



**Figura 2.** Ganancias de peso (promedio por animal) de los alevines, durante las cinco semanas (g) (n= 100 por tratamiento)

### 4.3. Alimento consumido

En el Cuadro 12 se muestran las cantidades de alimento consumido semanalmente para cada tratamiento. Esta variable fue analizada por medio de estadística descriptiva.

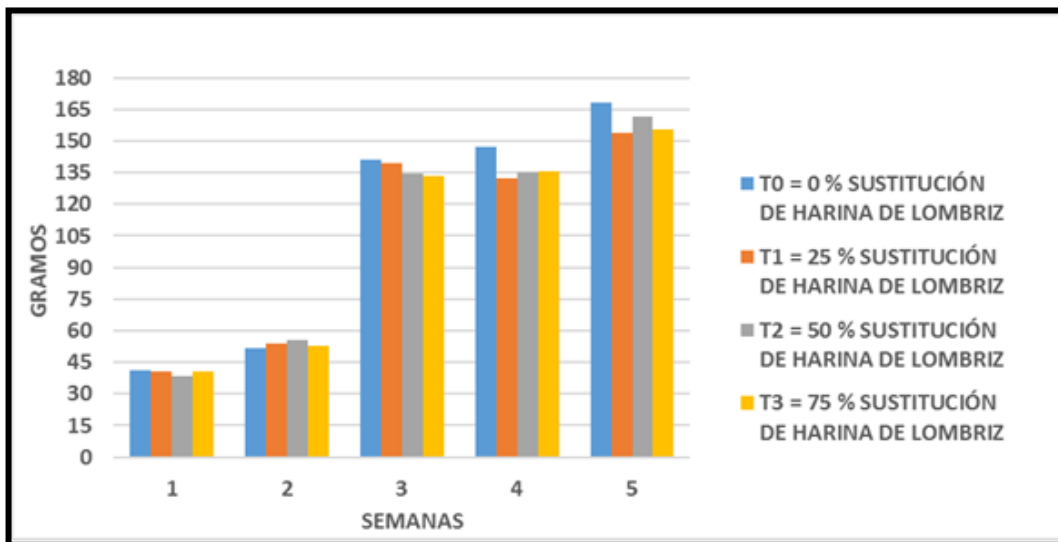
**Cuadro 12.** Alimento consumido semanalmente por tratamiento

TRATAMIENTOS/ SEMANAS	1	2	3	4	5
<b>T0</b>	41,0550	51,6786	141,5304	147,2519	168,2831
<b>T1</b>	40,5720	53,9004	139,6013	132,2915	153,7071
<b>T2</b>	38,6400	55,7992	134,5266	135,0211	161,4226
<b>T3</b>	40,5720	53,0720	133,1447	135,3354	155,6498

Como se observa en el cuadro 12 los consumos de alimento fueron muy similares semana a semana entre los tratamientos eso significa que ni el testigo con harina de pescado como fuente proteica ni la inclusión de harina de lombriz roja californiana a distintos niveles estimula un mayor consumo de alimento de los alevines.

El alimento ofrecido aumentó semanalmente en función del incremento de la biomasa y a su vez el alimento rechazado aumento semanalmente en correlación a una mayor cantidad de alimento ofrecido. El porcentaje de rechazo se mantuvo desde el principio entre un 15-20% del alimento semanal ofrecido en todos los tratamientos. (Cuadro A-21)

No se encontraron antecedentes de consumo de alimento en crías de tilapia nilotica con las cuales comparar las obtenidas en la actual investigación; probablemente se utilizan esquemas de tablas sugeridas de ajustes de alimentación sin reportar las cantidades reales de alimento consumido. En la figura 3 se observa que la dinámica de consumo de alimento fue muy afín entre los tratamientos observándose diferencias más notorias a partir de la tercera semana, semana en la cual T0 comienza a despuntar como el tratamiento con mayor consumo.



**Figura 3.** Consumo de alimento semanal por tratamiento durante las cinco semanas (g)

#### 4.4. Conversión alimenticia

La conversión alimenticia presento una diferencia significativa ( $p = 0.009$ ) como se puede observar en el Cuadro 13. El análisis de varianza (Cuadro A-26) y la prueba de diferencia mínima significativa (Cuadro A-27) muestran tal resultado esto significa que los alevines consumieron diferentes cantidades de alimento para obtener distintos incrementos de unidad de peso.

**Cuadro 13.** Conversión alimenticia acumulada durante todo el ensayo, en los diferentes tratamientos

TRATAMIENTO	PROMEDIO (g)
T3 concentrado, 75% de harina de lombriz roja californiana	1,50 a
T2 concentrado, 50% de harina de lombriz roja californiana	1,53 b
T1 concentrado, 25% de harina de lombriz roja californiana	1,53 c
T0 concentrado o testigo	1,58 c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (>0.05)

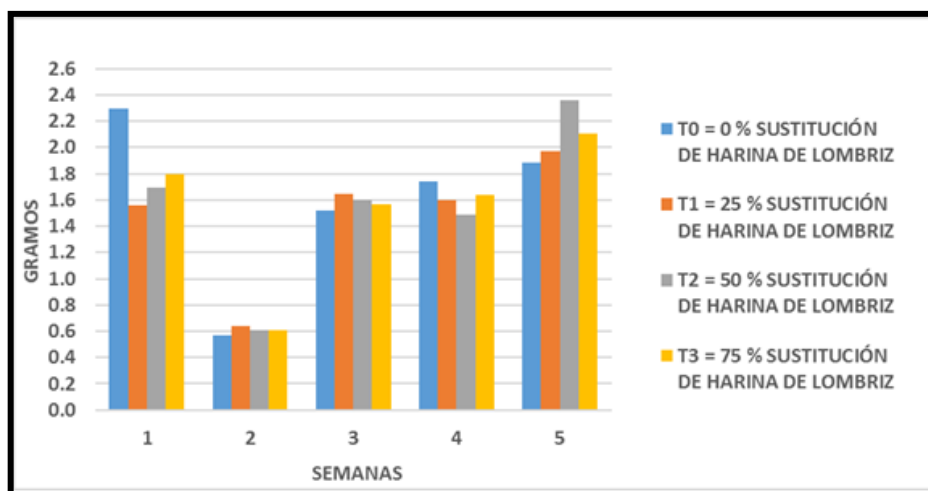
Para la variable conversión alimenticia el tratamiento testigo T0 fue el que obtuvo la conversión alimenticia más alta es decir que los alevines alimentados con este tratamiento tuvieron que consumir más alimento para aumentar una unidad de peso mientras que en el tratamiento T3 los alevines debieron consumir menos cantidad de alimento para obtener una unidad de peso obteniendo así una conversión más baja y por ende más conveniente; mientras que T1 y T2 son estadísticamente iguales.

La tilapia es la especie que mejor conversión alimenticia tiene; sus factores de conversión aceptables van de 1.2 a 1.5, más arriba de estos valores se considera inviable económicamente (Piscicultura global 2012). Los valores de conversión alimenticia obtenidas en los tratamientos están dentro de los aceptables el rango se encuentra entre 1.50 y 1.58 siendo valores admisibles que indican una correcta relación entre el alimento consumido y la ganancia de peso que se obtuvo.

Hay otros estudios donde se han tomado valores de conversión alimenticia más altos tomados como aceptables por los investigadores; El-Saidy y Gaber (2003) estudiaron cinco dietas, el control con 100% de harina de pescado (FM) y cuatro niveles de sustitución con una mezcla de proteínas de origen vegetal (PPM 25%, 50%, 75% y 100%) obteniendo conversiones alimenticias de 1.9 (control y PPM 25%), 2.0 (PPM 50% y 75%) y 2.1 (PPM 100%); la conversión alimenticia aumento al incrementarse la sustitución sin embargo los investigadores concluyeron que era factible sustituir en un 100% la harina de pescado por la mezcla de proteína vegetal; sin embargo en el presente ensayo el tratamiento con mayor porcentaje de reemplazo T3 con un 75% de sustitución de harina de pescado por harina de lombriz tuvo la segunda mejor conversión alimenticia así como todos los tratamientos y el testigo obtuvieron valores de conversión menores a 2.

Hernández-Barraza (2016) evaluó la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación, alimentando todas las líneas con concentrado comercial balanceado a 50% de proteína obteniendo conversiones alimenticias de 1.25 para la tilapia del Nilo, 1.14 híbrido de Spring y 1.40 pargo-UNAM; este resultado con valores de conversión más bajas probablemente se deba a que el alimento contenía un porcentaje de proteína más alto en comparación al contenido en los tratamientos evaluados en este estudio los cuales fueron Isoproteicos al 45%. Esto podría indicar que mayor cantidad de proteína en la dieta produce mejores conversiones alimenticias no obstante es bien sabido que la proteína es el nutriente de mayor costo de suministrar para los productores, adicional a esta dificultad esta la condición de proveer la cantidad correcta de proteína de acuerdo a los requerimientos específicos de la tilapia.

En la figura 4 se ejemplifica el comportamiento de los tratamientos para la variable conversión alimenticia. Ya que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos aquellos comportamientos que se salen de la norma pueden ser adjudicados a condiciones físico-químicas atípicas en los estanques.



**Figura 4.** Conversión alimenticia semanal de los alevines, durante las cinco semanas (n= 100 por tratamiento)

#### 4.5. Tallas

En el Cuadro 14 se presentan las tallas promedio por tratamiento. El análisis de varianza (Cuadro A-28) y el resumen de medidas (Cuadro A-29), mostraron que los diferentes

niveles de inclusión de harina de lombriz roja californiana en la formulación de las dietas alimenticias ofrecidas a alevines de tilapia del tipo, no produjeron diferencias significativas ( $p = 0.2473$ ) sobre las tallas; tanto el testigo como T1, T2 y T3 presentaron tallas muy similares, no existiendo diferencia estadística entre ellos.

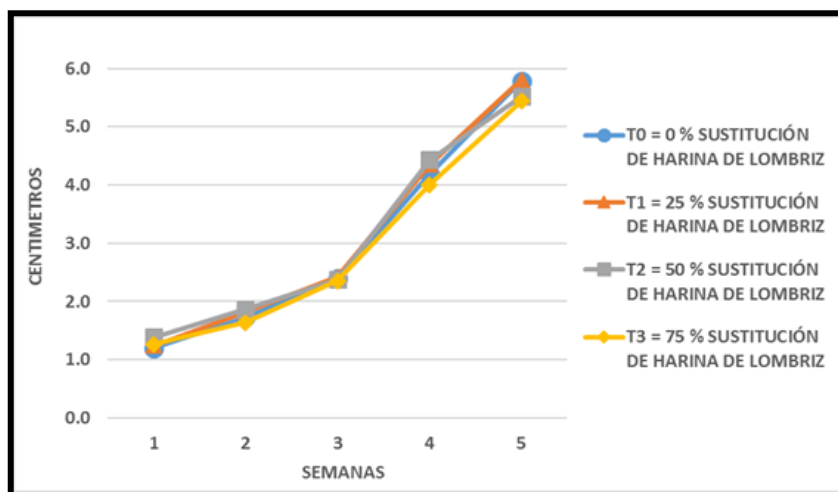
**Cuadro 14.** Tallas promedio por alevín de tilapia durante todo el ensayo, en los diferentes tratamientos

TRATAMIENTO	PROMEDIO (g)
T3 concentrado, 75% de harina de lombriz roja californiana	8,49 a
T2 concentrado, 50% de harina de lombriz roja californiana	8,62 a
T1 concentrado, 25% de harina de lombriz roja californiana	8,63 a
T0 concentrado o testigo	8,72 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $>0.05$ )

Las tallas estadísticamente iguales en los tratamientos indistintamente del porcentaje de harina de lombriz reflejan el comportamiento contrario encontrado en los pesos antes descritos. Durante las cinco semanas existió una constante similitud en las tallas registradas.

En la figura 5 se muestran las diferentes tallas registradas durante las cinco semanas, todos los tratamientos partieron de menos de 1 cm por alevín; la gráfica de tallas es muy similar a la gráfica generada por los pesos, los tratamientos muestran una dinámica muy homogénea entre ellos y un desempeño ascendente sin caídas abruptas.



**Figura 5.** Tallas semanales (promedio por animal) de los alevines, durante las cinco semanas (cm) (n= 100 por tratamiento)

Esto demuestra que los alevines de tilapia TGM alimentados con una dieta alimenticia con fuente proteínica mayormente aportada por la harina de lombriz desarrollan las mismas tallas que aquellos alevines alimentados con una formulación comercial con harina de pescado.

Las tallas obtenidas al final del ensayo son las esperadas en relación al peso final de los alevines; se puede esperar que los alevines alcancen y superen los 4 centímetros de talla cuando han superado el gramo de peso vivo, como lo demuestra Guerra-Centeno *et al.* (2016) efectuando una investigación sobre el crecimiento de la cría de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) como sustituto parcial del alimento balanceado, utilizaron alevines TGM divididos en 5 grupos: 1.41 g ± 0.12/ 4.57 cm ± 0.12; 1.42 g ± 0.13/ 4.56 cm ± 0.13/ 1.43 g ± 0.12/ 4.64 cm ± 0.09 , 1.43 g ± 0.12/ 4.57 cm ± 0.13, 1.43 g ± 0.16 / 4.57 ± 0.16; estos valores concuerdan con los que se obtuvieron en los tratamientos del actual estudio en donde T0= 1.21 g/ 5.78 cm, T1= 1.20 g / 5.80 cm, T2= 1.16 g/ 5.51 cm, T3= 1.12 g/ 5.43 cm.

#### 4.6. Mortalidad

En el Cuadro 15 se muestra los porcentajes de mortalidad y sobrevivencia al final de las cinco semanas para cada tratamiento. La variable mortalidad fue analizada con estadística descriptiva (Cuadro A-34).

**Cuadro 15.** Porcentajes de mortalidad y sobrevivencia totales para cada tratamiento

<b>Indicador/ Tratamiento</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Porcentaje de mortalidad	21.45	23.77	14.49	14.20
Porcentaje de sobrevivencia	78.55	76.23	85.51	85.80

El tratamiento con la mayor mortalidad fue T1 seguido por el testigo. T2 y T3 tuvieron un porcentaje de mortalidad muy similar siendo finalmente T3 el tratamiento con la menor mortalidad y por ende el tratamiento con la mayor sobrevivencia.

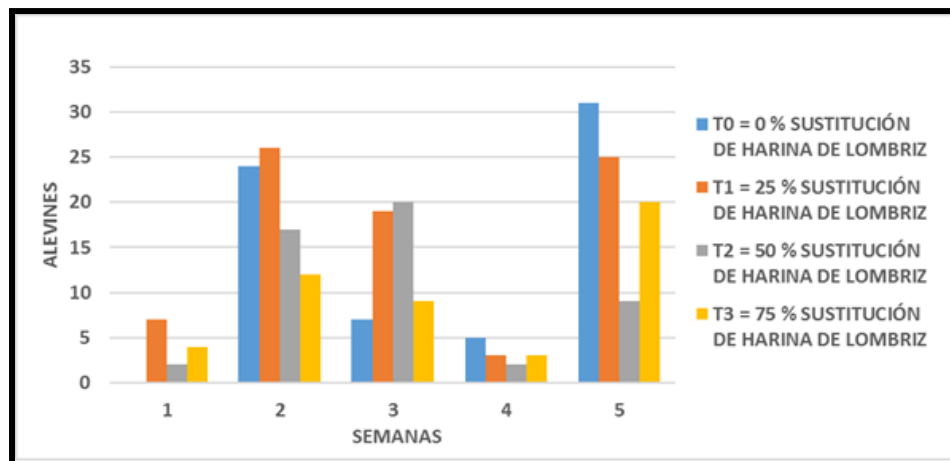
Escobar *et al.* (2006) llevo a cabo un estudio sobre el efecto del nivel de energía y proteína en la dieta sobre el desempeño productivo de alevinos de *Oreochromis niloticus*, variedad chitralada estableciendo para tal fin 6 tratamientos y alevines con un peso inicial de 1.05 g a una densidad de 200 alevines por m<sup>3</sup>; no obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos obteniendo al final del estudio porcentajes de sobrevivencia igual al 80%. En igualación con los resultados obtenidos en el presente estudio todos los tratamientos tuvieron un porcentaje de sobrevivencia arriba del 75%; en todos los tratamientos se aplicó una densidad de 500 alevines por m<sup>3</sup>; la mayor densidad está justificada debido a que los alevines eran de menor edad a los usados por Escobar *et al.* (2006).

En los estudios donde la mortalidad no está estadísticamente relacionada con los tratamientos esta es atribuida a prácticas de manejo y/o estrés de los animales y no a los tratamientos propiamente dichos. En cuestiones de manejo la densidad utilizada en los ensayos tiene probablemente la mayor influencia sobre los valores de mortalidad es de esperar por tanto que a mayor densidad exista un incremento en el porcentaje de mortalidad. Forestieri-Muñoz (2013) hizo un estudio sobre la comparación de la sobrevivencia y ganancia de peso de alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) sembrados a 1000, 3000 y 5000/m<sup>3</sup> de agua durante 30 días, obteniendo 93%, 93% y 87% de sobrevivencia respectivamente encontrando diferencia significativa entre los 1000 alevines/ m<sup>3</sup> y 5000 alevines/ m<sup>3</sup>.



Tanto el tratamiento testigo; como T1, T2 y T3 tuvieron isodensidad por lo cual la variación de mortalidad obtenida entre ellos no puede ser adjudicada a una mayor densidad de alevines en comparación a cualquiera de los otros tratamientos por lo que se podría suponer que la variación fue el resultado de diferencias en las condiciones fisicoquímicas de los estanques. Sin embargo, se puede presumir que los valores de mortalidad registrados son mayores a los observados en otros ensayos cuando estos utilizaron densidades menores a las del actual estudio; a su vez serán menores a otros estudios cuando estos hayan utilizado densidades mayores a las del presente investigación. Debido a la carencia de estudios llevados a cabo a densidades similares a las del actual estudio solo se puede suponer la enorme influencia que la densidad ejerce sobre la mortalidad.

Es bien sabido también que en cualquier especie animal la mortalidad es mayor en las primeras etapas de vida y dado que este estudio se realizó en la primera etapa de vida de la tilapia nilotica es de esperar un porcentaje de mortalidad más alto que si fuera comparada a una etapa de engorde (CENDEPESCA y Misión Técnica Taiwán 2013). En la figura 6 se muestra el comportamiento de carácter fluctuante que tuvo la mortalidad registrada en los distintos tratamientos.



**Figura 6.** Mortalidad semanal los alevines por tratamiento durante las cinco semanas

#### 4.7. Análisis Económico

Se hizo un análisis de los costos que varían (Cuadro A-31, A-32, A-33, A-34, A-35, A-36).

**Cuadro 16.** Presupuesto parcial y beneficios netos

<b>PRESUPUESTO PARCIAL</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Rendimiento medio (Nº alevines)	271	263	295	296
Rendimiento ajustado (10%)	244	237	266	266
<b>Beneficios brutos de campo \$</b>	29.28	28.44	31.92	31.92
<b>Costos que varían:</b>				
Concentrado	\$0,83	\$0,84	\$0,92	\$0,96
Mano de obra	-	\$2.98	\$6.42	\$6.63
<b>Total de costos que varían \$</b>	\$0,83	\$3.82	\$7.34	\$7.59
<b>Beneficios netos \$</b>	\$28.45	\$24.62	\$24.58	\$24.33

Con los datos obtenidos en el presupuesto parcial se realizó el análisis de dominancia que se muestra en el cuadro 18 para determinar finalmente cuál de los tratamientos tuvo un mejor desempeño económico.

**Cuadro 17.** Análisis de dominancia

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Costos que varían \$	\$0.83	\$3.82	\$7.34	\$7.59
Beneficios netos \$	\$28.45	\$24.62	\$24.58	\$24.33
	No dominado	dominado	dominado	Dominado

Como se evidencia en el Cuadro 17 el tratamiento T0 es el único tratamiento no dominado ya que es el tratamiento con el mayor beneficio neto; los tratamientos T1, T2 y T3 son tratamientos dominados ya que al experimentar un aumento en los costos debido a su implementación los beneficios netos obtenidos por cada uno de ellos no solo no aumentaron sino que experimentaron una disminución a medida los costos se incrementaron; el tratamiento peor evaluado fue T3 al ser el que mayor costo requiere para ser implementado y al obtener el menor beneficio neto.

## 5. CONCLUSIONES

1. Para obtener un kilogramo de harina de lombriz se requieren 7 kilogramos de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) viva.
2. La harina de lombriz que se obtiene de *Eisenia foetida* alimentadas con estiércol de bovino mezclado con desechos orgánicos tiene un alto porcentaje de proteína (52.70 %).
3. Es factible productivamente sustituir la proteína proveniente de la harina de pescado por la proteína procedente de la harina de lombriz roja californiana hasta en un 25% del total de proteína bruta en la dieta sin sacrificar los valores finales de los parámetros de peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia a la quinta semana de edad de crías de tilapia nilotica.
4. Económicamente se obtiene un mejor beneficio neto al alimentar las crías de tilapia con una dieta balanceada según requerimientos con harina de pescado como único ingrediente que proporcione proteína animal en comparación con dietas que contengan harina de lombriz.
5. La harina de lombriz es económicamente más costosa que la harina de pescado debido a la dificultad del proceso de cosecha de la lombriz viva y a la alta relación de lombriz viva – harina de lombriz (7:1).

## 6. RECOMENDACIONES

1. Utilizar por parte de los productores de alevines de tilapia dietas balanceadas con harina de pescado como única fuente de proteína animal. Hasta que no exista el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan un proceso de cosecha de lombriz viva más rápida y /o automatizada o la existencia en el mercado nacional de un productor y distribuidor de harina de lombriz no es posible su recomendación como sustituto de harina de pescado aun a pesar de su desempeño en los parámetros productivos estudiados debido a su mayor valor económico.
2. Realizar estudios de alimentación de alevines de tilapia nilotica con inclusión de lombriz viva balanceada en base seca en la dieta para evaluar el desempeño productivo-económico en contraste de su implementación en forma de harina.
3. Efectuar investigaciones que permitan el desarrollo de nuevas tecnologías y/ o métodos que faciliten el proceso de obtención de la harina de lombriz así también aquellos estudios que puedan permitir el establecimiento de una dieta tipificada para obtener niveles altos de proteína en la harina de lombriz.
4. Evaluar económicamente la producción de lombriz viva y lombriabono por parte de los productores nacionales debido a la carencia de información bibliográfica de este tipo y a la gran disparidad de precios de venta de la lombriz viva de los pocos productores existentes en el mercado.

## 7. BIBLIOGRAFIA

**Aguilar, M; de los Santos, J; Gómez, A; Villalobos, H. 2010.** Programa de producción de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en comunidades de Alta Marginación de los Altos de Chiapas para la reducción en el índice de anemia infantil (en línea). MX. Consultado el 5 jun. 2015. Disponible en <http://www.pandillascientificasdemexico.org/trabajos/docs/AA-CHIS-MS-08.pdf>

**ASTILAPIA (Asociación Sinaloense de productores de Tilapia A.C, MX).2009.** CURSO TALLER: Cultivo de tilapia (*Oreochromis spp*) a alta densidad en modulos flotantes, con énfasis en buenas prácticas de producción acuícola para la inocuidad alimentaria y para la generación de un producto de calidad suprema (en línea). Culiacán de Rosales, Sinaloa, MX. Consultado 10 jun. 2015. Disponible en [http://www.cesasin.com.mx/MANUAL%20DE%20PECES%20CURSO%20TALLER\\_ASTILAPIA.pdf](http://www.cesasin.com.mx/MANUAL%20DE%20PECES%20CURSO%20TALLER_ASTILAPIA.pdf)

**Bastardo, H; Medina, A; Bianchi, G. 2007.** Utilización de proteína no convencional en dietas para iniciador de trucha arcoíris, *Onchorhynchus mykiss* (en línea). Cusco, PE. Consultado el 22 feb. 2017. Disponible en <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/3623/articulos-otros-temas-archivo/utilizacion-de-proteina-no-convencional-en-dietas-para-iniciador-de-trucha-arcoiris-oncorhynchus-mykiss.html>

**Bhujel, RC. 2002.** Nutrición y bajo costo, Manejo alimentario para tilapia (en línea). Panorama Acuícola 7(4): s.p. Consultado 10 jun. 2015. Disponible en [http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01Especies/archivos/000008Tilapia/071201\\_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php](http://www.minagri.gob.ar/site/pesca/acuicultura/01=Cultivos/01Especies/archivos/000008Tilapia/071201_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php)

**Cabrera Santa Cruz, JL. 2006.** Manual de lombricultura (en línea). Cochabamba, BO. PRAEDAC (Programa de apoyo a la estrategia de desarrollo alternativo en el Chapare). Consultado el 21 Mayo 2017. Disponible en [http://www.picomayo.net/media/biblioteca/libro\\_787\\_MA-156.pdf](http://www.picomayo.net/media/biblioteca/libro_787_MA-156.pdf)

**CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de Pesca y Acuicultura, SV). s.f.** producción de alevines bisexual de tilapias en estanques. San Salvador, SV. 15 p

**CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, SV); Misión Técnica Taiwán. 2013.** Manual de Procedimientos Técnicos Operativos y Respuesta a Emergencias sobre el Manejo de Alevines Reversados de Tilapia. Atiocoyo, SV. 22 p

**CENDEPESCA (Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, SV).2008.** Manual sobre “Reproducción y Cultivo de Tilapia”. San Salvador, SV. 68 p

**CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, MX). 1988.** La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica (en línea). México D.F, MX. Consultado el 15 nov. 2015. Disponible en <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>

**COLPOS ( Colegio de postgraduados); SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación).sf.**Manual del participante: Cultivo de tilapia en estanques circulares (en línea). MX. Consultado 21 Mayo 2017. Disponible en [http://www.cib.uaem.mx/pdf/manual\\_cultivo\\_de\\_tilapia\\_en\\_estanques\\_circulares.pdf](http://www.cib.uaem.mx/pdf/manual_cultivo_de_tilapia_en_estanques_circulares.pdf)

**Cordova Miranda, JJ; Romero López, BE; Urias Chicas, JM. 2001.** Efecto del Tiempo de Almacenamiento a Diferentes Temperaturas sobre la Emergencia de *Lysiphlebus testaceipes* (Hym: Braconidae: Aphidiinae)(Cresson).Tesis Ing. Agr. San Salvador, SV. Universidad de El Salvador. 67p

**Cortés Sanchez, V . 2010.** Sustitución parcial de Harina de pescado (*Plecostumus spp*) por harina de lombriz (*Eisenia foetida*) en alimento para bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). Consultado el 16 de ene. 2017. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10032/257.pdf?sequence=1>

**Cuevas Rodríguez, BL. 2010.** Evaluación productiva y variabilidad genética de especies de tilapia del genero *Oreochromis* en el estado de Sinaloa (en línea). Tesis MSc. Sinaloa, MX. Instituto Politécnico Nacional. 103 p. Consultado 21 jun. 2015. Disponible en <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/9899/1/258.pdf>

**Chaguay Villamar, YJ, 2004.** Evaluación del crecimiento, en etapa de pecria de tilapia roja (*Oreochromis spp*), utilizando cinco niveles de proteínas en tanques abiertos (en línea). Escuela superior Politecnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador. Consultado el 11 de ene. 2017

**Chemonics International Inc. 2012.** Manual de procedimientos de producción de tilapia (en línea). FOMILENIO. Consultado el 26 de ene. 2017. Disponible en [http://www.robortoaguiluz.com/clientes/PDP\\_final/docs/more/tilapia.pdf](http://www.robortoaguiluz.com/clientes/PDP_final/docs/more/tilapia.pdf)

**Díaz, D; Cova, LJ; Castro, A; García, DE; Perea, F. 2008.** Dinámica del crecimiento y producción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en cuatro sustratos a base de estiércol de bovino (en línea). Agricultura andina 15: 39-55. Consultado el 7 jun. 2015. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29378/1/articulo3.pdf>

**DINARA (Dirección Nacional de Recursos Acuáticos, UY); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2010.** Manual básico de Piscicultura en estanques Montevideo, UY. 50 p

**Dora Angela, Otoniel s.f.** Engorde de tilapia nilótica a base de concentrado. INSTITUCIÓN EDUCATIVA TÉCNICA "EDUARDO SANTOS". Consultado el 16 de ene. 2017. Disponible en: [http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/763/PRY\\_226\\_2.pdf](http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/763/PRY_226_2.pdf)

**El-Saidy, DM.; Gaber, M. (2003).** Replacement of fish meal with a mixture of different plant protein sources in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) diets (en línea). Aquaculture research, 34(13), 1119-1127. Consultado 27 Feb. 2017. Disponible en [https://www.researchgate.net/profile/Deyab-El-Saidy/publication/229642619\\_Replacement\\_of\\_fish\\_meal\\_with\\_a\\_mixture\\_of\\_different\\_plant\\_protein\\_sources\\_in\\_juvenile\\_Nile\\_tilapia\\_Oreochromis\\_niloticus\\_L\\_diets/links/54b90ffe0cf269d8cbf72d81.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Deyab-El-Saidy/publication/229642619_Replacement_of_fish_meal_with_a_mixture_of_different_plant_protein_sources_in_juvenile_Nile_tilapia_Oreochromis_niloticus_L_diets/links/54b90ffe0cf269d8cbf72d81.pdf)

**Escobar, JA; Rosario Reinoso, V del; Landinez, MA. 2006.** Efecto del nivel de energía y proteína en la dieta sobre el desempeño productivo de alevinos de *Oreochromis niloticus*, variedad chitalada (en línea). Revista de Medicina Veterinaria Nº 12: 89-97. Consultado 27 Feb. 2017. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4943770>

**FAMA (Fundación Agricultura y Medio Ambiente, DO). s.f.** Manual Práctico para la Lombricultura (en línea). Ed. A Brechelt. Consultado 10 jul. 2015. Disponible en [http://www.rap-al.org/articulos\\_files/Manual\\_lombricultura.pdf](http://www.rap-al.org/articulos_files/Manual_lombricultura.pdf)

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017.** Tilapia del Nilo - Formulación y preparación/producción de alimentos Alimento vivo (en línea).FR. Consultado 26 Feb. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/formulacion-y-preparacion-produccion-de-alimentos/es/>

**FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2015.** Visión general del sector acuícola nacional El Salvador (en línea). s.l. Consultado 6 jun. 2015. Disponible en [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_elsalvador/es](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_elsalvador/es).

**Fishgen, UK. 2005.** Improved tilapia (en línea). Swansea, Gales, UK. Consultado 20 jun. 2015. Disponible en <http://www.fishgen.com/1Improved%20tilapia.htm>

**FONDEPES (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero) 2004.** Manual de cultivo de tilapia. Programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas. Peru. Consultado el 16 de ene. 2017. Disponible en: [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/er/ACUISUBMENU4/manual\\_tilapia.pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/er/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf)

**Forestieri Muñoz, DE. 2013.** Comparación de la sobrevivencia y ganancia de peso de alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) sembrados a 1000, 3000 y 5000/m<sup>3</sup> de agua durante 30 días (En línea). Tesis Ing. Agr. HN. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 23 p. Consultado 27 Feb. 2017. Disponible en <http://hdl.handle.net/11036/1720>

**Fuentes Yagüe, JL. s.f.** La crianza de la Lombriz roja (en línea). Madrid, ES. Hojas divulgadoras del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Consultado 7 Jun. 2015. Disponible en <http://ramonhaya.webcindario.com/lombriz.pdf>

**García, M. Navarro Espinosa, MG. Velázquez López, CN. Velázquez López, J. 2012.** Elaboración de abono orgánico a base de lombriz roja californiana, procuraduría agraria. Consultado el 16 de ene. 2015. Disponible en: [http://www.pa.gob.mx/publica/rev\\_53-54/analisis/elaboraci%C3%B3n\\_abono.pdf](http://www.pa.gob.mx/publica/rev_53-54/analisis/elaboraci%C3%B3n_abono.pdf)

**García-Ulloa, M; Gallo-García, M. C.; Ponce-Palafox, J. T.; Rodríguez-González, H.; Góngora-Gómez, A. M. 2012.** Crecimiento de crías de *Oreochromis niloticus* alimentadas con una inclusión dietética de quistes decapsulados de Artemia (en línea). MX. Consultado 26 Feb. 2017. Disponible en <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2012/enero/6.pdf>



**Guerra Centeno, D; Valdez Sandoval, JC; Villatoro, F; Rodenas, M; Fuentes Rousselin, H; Díaz, M; Ríos, L. 2016.** Crecimiento de la cría de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) utilizando hojas de chipilín (*Crotalaria longirostrata*) como sustituto parcial del alimento balanceado (en línea). REDVET Volumen 17 N° 10. Consultado el 28 Feb. 2016. Disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/h101016/101606.pdf>

**Hernández-Barraza, C A.; Trejo-Martínez, A B.; Loredo-Osti, J; Gutiérrez-Salazar, G. 2016.** Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (en línea) . *Latin American Journal of Aquatic Research*. Valparaíso, CL. Consultado 16 Feb. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=175047564024>

**Hernandez, V; Jimenez, G. 2013.** Manual de elaboración de alimento alternativo para la producción de Tilapia (en línea). Instituto Tecnológico de Salina Cruz. Departamento de Acuicultura. Consultado 26 de ene. 2017. Disponible en [http://siproduce.sifupro.org.mx/seguiamiento/archivero/20/2013/anales/anu\\_706-25-2014-05-7.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguiamiento/archivero/20/2013/anales/anu_706-25-2014-05-7.pdf)

**Hessberg, CM Von; Grajales Quinteros, A. Restrepo Murillo, M. 1983.** Monografía de protocolos para obtener poblaciones monosexo de tilapia nilótica (en línea). Boletín Científico Museo de Historia Natural 16(1):156-172. Consultado 25 jun. 2015. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n1/v16n1a13.pdf>

**International Center for Aquaculture and Aquatic Environments Auburn University.s.f.** Introducción a los Sistemas de Producción de Alevines de *Oreochromis niloticus* (en línea). Consultado el 21 de Jul. 2015. Disponible en <http://www.auburn.edu/~dinedj/Spanish%20Publications%20Website/publications/Spanish%20WHAP/TIL3%20TILAP.pdf>

**International Center for Aquaculture and Aquatic Environments Auburn University.s.f.** Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. Producción de larvas y alevines de *Oreochromis Niloticus* en tanques (en línea). Consultado 26 de ene. 2017. Disponible en [http://www.ag.auburn.edu/fish/documents/International\\_Pubs/Water%20Harvesting/TIL8.pdf](http://www.ag.auburn.edu/fish/documents/International_Pubs/Water%20Harvesting/TIL8.pdf)

**Maldonado Henriquez, R. 2011.** Alimento balanceado con harina de lombriz (*Eisenia foetida*) para alimentar alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en producción bajo invernadero (en línea). MX. Universidad Autónoma de Querétaro, facultad de ingeniería. Consultado el 13 de Mayo 2015. Disponible en <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/2814/1/RI002656.pdf>

**Marcillo Gallino, E. 2008.** Aspectos taxonómicos (en línea). Ecuador. Consultado 9 Dic. 2015. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6343/1/Taxonom%C3%ADa.pdf>

**Marcillo Gallino, E; Landívar Zambrano, J. 2008.** Tecnología de producción de alevines monosexo de tilapia (en línea). Ecuador. Consultado 5 Jul. 2015. Disponible en <file:///C:/Users/hp/Downloads/Libro%20de%20Tilapia.pdf>

**Martínez G,V; Mendoza S,W; Álvarez C, Martínez G,E. 2015.** Comportamiento del crecimiento de juveniles de tilapia *Oreochromis niloticus*, utilizando alimento comercial: para tilapia al 28% vs. Para camarón al 30% (en línea). León, NI. Consultado el 21 Mayo 2017. Disponible en <file:///C:/Users/hp/Downloads/103-259-1-PB.pdf>

**Mayorga Sandoval, KF. Urey Blanco, DS. 2015.** Evaluación de la reproducción de lombrices de tierra Roja Californiana (*Eisenia foetida*), Roja Cubana (*Eudrillus* sp) y características químicas del lombrifono con diferentes residuos orgánicos Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua- León. Consultado el 16 de ene. 2017. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3488/1/228495.pdf>

**Nicovita- Alicorp. 2009.** S.A. Manual de crianza de tilapia. Lima. Perú. Consultado el 16 de ene. 2017. Disponible en <http://www.industriaacucola.com/biblioteca/TilapiaManual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

**Piscicultura global, GT. 2015.** Alimentación y cosecha de tilapia cultivada, consejos prácticos (en línea). Ciudad de Guatemala, GT. Consultado 6 jun. 2015. Disponible en <http://pisciculturaglobal.com/2013/11/alimentacion-y-cosecha-de-tilapia.html>

**Romero,BN. 2013.** Precipitación anual de la República de El Salvador, C.A.(en línea). Soyapango, San Salvador, SV. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado el 8 Jul. 2015. Disponible en <file:///C:/Users/hp/Downloads/precipitacion%20es.pdf>.

**Saavedra, M.A. 2006.** Manejo de cultivo de tilapia. Departamento de ciencias ambientales y agrarias. Managua, Nicaragua. (en línea). Consultado el 24 de ene. 2017. Disponible en: <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

**SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, MX); FUNPROVER (Fundación Produce Veracruz, MX); Alianza para el Campo, MX; Gobierno del Estado de Veracruz, MX. 2005?** Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad (en línea). Veracruz, MX. Consultado el 14 Nov. 2015. Disponible en <http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>

**SAGARPA (Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, MX); SEDAFPA (Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Pesca y Acuicultura, MX); Fundación Oaxaca produce A.C, MX; ITSAL (Instituto Tecnológico de Salina Cruz, MX); SEP (Secretaria de Educación Pública, MX). 2014?** Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de tilapia (en línea). México. Consultado el 31 Mayo 2015. Disponible en [http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anales/anu\\_706-25-2014-05-7.pdf](http://siproduce.sifupro.org.mx/seguimiento/archivero/20/2013/anales/anu_706-25-2014-05-7.pdf)

**Sales Dávila, F. 1996.** Harina de Lombriz, Alternativa proteica en trópico y tipos de alimento (en línea). Folia Amazónica 8(2):77-90. Consultado el 7 jun. 2015. Disponible en <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/PUBL681.pdf>

**Sánchez, V. 2010.** Sustitución parcial de harina de pescado (*Plecostomus spp*) por harina de lombriz (*Eisenia foetida*) en alimentación para bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) (en línea). Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral CIIDIR. MX. Consultado el 13 de mayo 2015. Disponible en <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10032/257.pdf?sequence=1>

**SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales de El Salvador), SV. 2015.** El clima en El Salvador (en línea). San Salvador, SV. Consultado 8 Jul. 2015. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/ver/meteorologia/pronostico/perspectivas+clima/>

**Toledo Pérez, SJ; García Capote, MC. s.f.** Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe (en línea). Centro de Preparación Acuícola Mamposton, Ministerio de la Industria Pesquera. San José de las Lajas, La Habana, CU. Consultado el 21 jun. 2015. Disponible en [http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf](http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/8toledo.pdf)

**Torres Novoa, DM; Hurtado Nery, VL. 2012.** Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (en línea). Villavicencio, Meta, CO. Consultado 17 mayo. 2015. Disponible en [file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-RequerimientosNutricionalesParaTilapiaDelNiloOreoc-4028586%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/Dialnet-RequerimientosNutricionalesParaTilapiaDelNiloOreoc-4028586%20(2).pdf)

## 8. ANEXOS

**Cuadro A- 1.** Composición química de la harina de lombriz según los sustratos alimenticios

Sustrato	PB (%BS)	Gr (MJ/Kg/MS)	EB (%BS)	Ca (%BS)	P (%BS)	Cz (%BS)
S0= estiércol de bovino (100%)	57.29	4.81	19.74	0.31	0.79	9.61b
S1: estiércol (97%)+ cepa de plátano (1%) + residuo de comedero de bovino (2%)	56.67	5.75	20.08	0.41	0.83	10.68b
S2: estiércol (95%) +cepa de caña (3%)+ residuo de comedero de bovino (2%)	53.98	4.37	18.91	0.38	0.79	16.44 <sup>a</sup>
S3: estiércol de bovino (96%) +cepa de caña (3%) +cepa de plátano (1%)	56.59	5.75	18.09	0.38	0.81	15.44 <sup>a</sup>
EE±	9.23	1.07	2.54	0.09	0.07	3.32

Fuente: Díaz *et al.* 2008

**Cuadro A- 2.** Parámetros químicos y físicos medidos semanalmente en los tratamientos

FECHA	TRATAMIENTO	OXIGENO DISUELTO (mg/l)	PH	TEMPERATURA °C
DIA DE SIEMBRA 12-10-16	T0	5.1	7.4	24.9
	T1	4.9	7.2	25.1
	T2	5.2	7.2	25.1
	T3	4.1	7.1	25.5
1° TOMA DE DATOS 19-10-16	T0	4.1	7.8	24.0
	T1	4.2	7.9	24.1
	T2	4.1	7.8	23.8
	T3	4.4	7.7	24.2
2° TOMA DE DATOS 26-10-16	T0	5.4	7.7	23.1
	T1	5.6	7.5	23.1
	T2	5.3	7.6	23.2
	T3	5.4	7.6	23.0
3° TOMA DE DATOS 03-11-16	T0	4.3	7.5	23.9
	T1	4.6	7.6	23.7
	T2	4.3	7.5	23.9
	T3	4.1	7.6	24.1
4° TOMA DE DATOS 09-11-16	T0	4.2	7.8	23.7
	T1	4.3	7.1	24.2
	T2	4.4	7.6	23.7
	T3	4.2	7.7	23.8
5° TOMA DE DATOS 16-11-16	T0	4.2	7.5	24.3
	T1	4.3	7.4	23.7
	T2	4.6	7.6	24.8
	T3	4.4	7.7	24.5

**Cuadro A- 3. Primer cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina**

Numero de caja Petri	Peso caja con lombriz fresca en gramos	Peso caja con lombriz deshidratada en gramos
1	48,60	41,19
2	70,80	58,20
3	59,69	48,60
4	76,60	66,10
5	56,70	42,90
6	80,80	66,89
7	65,50	53,79
8	58,50	47,80
9	64,30	53,60
10	49,60	37,50
peso crisol vacío gr	487,70	
peso crisol con lombriz deshidratada gr	528,10	
cantidad en gr de harina de lombriz obtenida	46,46	

**Fecha: 12-07-2016**

**Cuadro A- 4.** Segunda cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina

Numero de caja Petri	Peso caja Petri vacía en g	Peso caja Petri con lombriz fresca en g	Peso caja Petri con lombriz deshidratada en g	harina de lombriz obtenida g
1	36,70	60,40	55,90	19,20
2	25,20	51,80	36,81	11,61
3	17,90	56,70	47,10	29,20
4	12,80	42,70	29,70	16,90
5	27,50	56,40	56,40	28,90
6	21,90	42,70	37,20	15,30
7	15,00	44,70	39,73	24,73
8	20,20	45,10	46,20	26,00
9	22,40	77,70	55,60	33,20
10	45,80	75,50	53,40	7,60
11	40,50	63,80	46,50	6,00
12	50,90	87,70	60,10	9,20
13	47,30	73,80	54,00	6,70
14	42,00	66,20	48,60	6,60
15	50,00	82,70	58,30	8,30
16	38,80	67,40	46,10	7,30
17	41,70	65,30	47,60	5,90
18	28,60	51,70	34,50	5,90
19	41,70	66,90	48,20	6,50
20	41,30	62,30	46,50	5,20
21	35,10	62,00	42,90	7,80
22	35,80	54,80	42,80	7,00
23	41,50	69,00	48,10	6,60
24	42,40	72,70	50,50	8,10
25	43,10	67,50	49,30	6,20
26	35,20	54,30	40,50	5,30
27	45,40	77,20	61,20	15,80
TOTAL	946,70	1699,00	1283,74	337,04

**Fecha: 18-07-2016**

**Cuadro A- 5.** Tercera cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina

Numero de caja Petri	Peso caja Petri vacía en gr	Peso caja Petri con lombriz fresca en gr	Peso caja Petri con lombriz deshidratada en gr	Harina de lombriz en gr
1	33,20	57,10	39,00	5,80
2	63,60	95,90	71,50	7,90
3	32,80	62,40	40,10	7,30
4	45,10	72,60	51,60	6,50
5	42,60	65,60	48,40	5,80
6	43,10	70,70	49,40	6,30
7	37,50	69,80	45,20	7,70
8	42,50	78,20	51,30	8,80
9	28,90	57,00	35,00	6,10
10	50,20	80,00	57,90	7,70
11	44,60	74,10	53,00	8,40
12	45,20	77,40	52,00	6,80
13	49,30	73,00	55,40	6,10
14	35,80	50,90	39,60	3,80
15	34,60	51,30	38,88	4,28
16	35,90	51,00	39,70	3,80
17	38,70	52,50	41,60	2,90
TOTAL	703,60	1139,50	809,58	105,98

**Fecha: 01-08-2016****Cuadro A- 6.** Cuarta cosecha de lombrices vivas y su procesamiento en harina

Numero de bandeja	Peso bandeja vacía en gr	Peso bandeja con lombriz fresca en gr	Peso bandeja con lombriz deshidratada en gr	Harina de lombriz en gr
1	38,62	365,24	160,70	122,08
2	38,62	407,15	162,86	124,24
TOTAL	77,24	772,39	323,56	246,32

**Fecha: 30-08-16**

**Cuadro A- 7.** Composición de la formula (T0)

Ingredientes	inclusión 100	% MS	% PC	% Lisina	% Metionina	% Ca	% P Total	% P disp
Harina de pescado	<b>54.00</b>	49.68	31.86	3.81	1.35	2.8 6	1.62	1.62
Soya	<b>25.00</b>	22.50	12.00	0.70	0.13	0.0 8	0.17	0.11
Harina de Maíz	<b>18.50</b>	16.28	1.48	0.04	0.04	0.0 1	0.05	0.02
Grasa	<b>2.00</b>	1.98	-	-	-	-	-	-
Sal	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	-	-	-
Prem vit.min	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	0.0 5	0.05	0.00
<b>TOTAL APORTE</b>	<b>100</b>	<b>90.94</b>	<b>45.34</b>	<b>4.54</b>	<b>1.51</b>	<b>2.9 9</b>	<b>1.89</b>	<b>1.75</b>

**Cuadro A- 8.** Composición de la formula (T1)**25% de Sustitución de PC con Lombriz**

Ingredientes	inclusión 100	% MS	% PC	% Lisina	% Metionina	% Ca	% P Total	% P disp
Harina de Lombriz	<b>14.50</b>	12.47	7.86	1.02	0.36	0.77	0.44	0.44
Harina de pescado	<b>40.50</b>	37.26	23.90	2.86	1.01	2.15	1.22	1.22
Soya	<b>25.00</b>	22.50	12.00	0.70	0.13	0.08	0.17	0.11
Harina de Maíz	<b>17.50</b>	15.40	1.40	0.04	0.04	0.01	0.05	0.02
Grasa	<b>2.00</b>	1.98	-	-	-	-	-	-
Sal	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	-	-	-
Prem Vit.min	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL APORTE</b>	<b>100</b>	<b>90.11</b>	<b>45.15</b>	<b>4.61</b>	<b>1.54</b>	<b>3.00</b>	<b>1.87</b>	<b>1.78</b>



**Cuadro A- 9.** Composición de la formula (T2)**50% de Sustitución de PC con Lombriz**

Ingredientes	inclusión 100	% MS	% PC	% Lisina	% Metionina	% Ca	% P Total	% P disp
Harina de Lombriz	<b>30.00</b>	25.80	16.26	2.12	0.75	1.59	0.90	0.90
Harina de pescado	<b>27.00</b>	24.84	15.93	1.90	0.68	1.43	0.81	0.81
Soya	<b>25.00</b>	22.50	12.00	0.70	0.13	0.08	0.17	0.11
Harina de Maíz	<b>15.50</b>	13.64	1.24	0.03	0.03	0.01	0.04	0.02
Grasa	<b>2.00</b>	1.98	-	-	-	-	-	-
Sal	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	-	-	-
Prem Vit.min	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	0.01	-	-
<b>TOTAL APORTE</b>	<b>100</b>	<b>89.26</b>	<b>45.43</b>	<b>4.75</b>	<b>1.58</b>	<b>3.11</b>	<b>1.93</b>	<b>1.84</b>

**Cuadro A- 10.** Composición de la formula (T3)**75% de Sustitución de PC con Lombriz**

Ingredientes	inclusión 100	% MS	% PC	% Lisina	% Metionina	% Ca	% P Total	% P disp
Harina de Lombriz	<b>44.50</b>	38.27	24.12	3.14	1.11	2.36	1.34	1.34
Harina de pescado	<b>13.50</b>	12.42	7.97	0.95	0.34	0.72	0.41	0.41
Soya	<b>25.00</b>	22.50	12.00	0.70	0.13	0.08	0.17	0.11
Harina de Maíz	<b>14.50</b>	12.76	1.16	0.03	0.03	0.01	0.04	0.01
Grasa	<b>2.00</b>	1.98	-	-	-	-	-	-
Sal	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	-	-	-
Prem Vit. Min	<b>0.25</b>	0.25	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL APORTE</b>	<b>100</b>	<b>88.43</b>	<b>45.24</b>	<b>4.82</b>	<b>1.60</b>	<b>3.16</b>	<b>1.96</b>	<b>1.87</b>

**Cuadro A- 11. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 1**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
0.07	0.10	0.04	0.08	0.26	0.09	0.10	0.14	0.18	0.13	0.04	0.08	0.16	0.16	0.10	0.08
0.10	0.09	0.17	0.03	0.10	0.11	0.26	0.15	0.09	0.11	0.13	0.14	0.18	0.03	0.11	0.16
0.09	0.13	0.06	0.06	0.05	0.14	0.18	0.16	0.12	0.15	0.10	0.08	0.09	0.08	0.16	0.07
0.11	0.11	0.13	0.21	0.14	0.13	0.16	0.14	0.10	0.09	0.07	0.15	0.10	0.09	0.06	0.16
0.12	0.19	0.06	0.09	0.13	0.12	0.14	0.15	0.11	0.08	0.09	0.09	0.12	0.15	0.10	0.09
0.11	0.08	0.13	0.12	0.15	0.11	0.18	0.10	0.16	0.03	0.15	0.12	0.16	0.11	0.15	0.09
0.12	0.12	0.14	0.09	0.14	0.10	0.11	0.19	0.09	0.20	0.10	0.11	0.09	0.13	0.09	0.14
0.09	0.12	0.15	0.02	0.13	0.12	0.15	0.10	0.17	0.15	0.09	0.08	0.08	0.20	0.07	0.07
0.15	0.14	0.08	0.08	0.10	0.10	0.16	0.09	0.07	0.17	0.06	0.13	0.12	0.15	0.10	0.05
0.17	0.04	0.13	0.08	0.11	0.11	0.15	0.12	0.16	0.15	0.17	0.09	0.17	0.17	0.13	0.10
0.10	0.09	0.08	0.12	0.12	0.17	0.14	0.12	0.08	0.12	0.16	0.14	0.06	0.15	0.04	0.13
0.16	0.15	0.08	0.08	0.12	0.16	0.19	0.11	0.18	0.08	0.11	0.06	0.18	0.12	0.14	0.07
0.11	0.05	0.09	0.14	0.13	0.10	0.10	0.15	0.12	0.10	0.10	0.18	0.08	0.08	0.16	0.15
0.07	0.04	0.09	0.13	0.11	0.14	0.12	0.19	0.06	0.12	0.12	0.10	0.12	0.10	0.15	0.13
0.04	0.05	0.08	0.07	0.12	0.15	0.10	0.12	0.08	0.10	0.18	0.08	0.08	0.12	0.12	0.08
0.05	0.04	0.12	0.09	0.10	0.18	0.13	0.12	0.12	0.09	0.09	0.06	0.16	0.15	0.17	0.15
0.10	0.06	0.23	0.06	0.14	0.10	0.12	0.14	0.16	0.07	0.10	0.15	0.07	0.09	0.09	0.09
0.06	0.04	0.13	0.11	0.15	0.06	0.12	0.09	0.09	0.16	0.17	0.09	0.09	0.06	0.10	0.17
0.07	0.07	0.22	0.08	0.12	0.12	0.12	0.08	0.08	0.14	0.06	0.10	0.16	0.17	0.16	0.08
0.09	0.08	0.14	0.24	0.13	0.12	0.09	0.09	0.12	0.15	0.05	0.09	0.15	0.15	0.07	0.18
0.08	0.07	0.06	0.11	0.10	0.10	0.08	0.10	0.17	0.14	0.09	0.11	0.10	0.12	0.05	0.08
0.07	0.18	0.20	0.04	0.09	0.12	0.12	0.09	0.10	0.18	0.15	0.15	0.11	0.08	0.09	0.13
0.04	0.02	0.11	0.12	0.08	0.09	0.15	0.10	0.09	0.06	0.16	0.12	0.12	0.09	0.15	0.06
0.14	0.13	0.20	0.04	0.14	0.13	0.12	0.15	0.18	0.09	0.16	0.11	0.09	0.10	0.09	0.10
0.11	0.13	0.17	0.07	0.10	0.09	0.10	0.15	0.16	0.15	0.14	0.12	0.15	0.14	0.16	0.15
<b>0.0968</b>	<b>0.0928</b>	<b>0.1236</b>	<b>0.0944</b>	<b>0.1224</b>	<b>0.1184</b>	<b>0.1356</b>	<b>0.1256</b>	<b>0.1216</b>	<b>0.1204</b>	<b>0.1136</b>	<b>0.1092</b>	<b>0.1196</b>	<b>0.1196</b>	<b>0.1124</b>	<b>0.1104</b>
0.1019				0.1255				0.1162				0.1155			

**Fecha: del 12 de Octubre al 19 de Octubre del 2016**

**Cuadro A- 12. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 2**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
0.29	0.39	0.33	0.36	0.37	0.35	0.43	0.37	0.45	0.41	0.37	0.35	0.36	0.35	0.38	0.32
0.31	0.35	0.35	0.36	0.36	0.36	0.40	0.38	0.40	0.40	0.38	0.38	0.38	0.37	0.37	0.38
0.32	0.35	0.36	0.36	0.35	0.38	0.45	0.38	0.39	0.37	0.40	0.38	0.38	0.38	0.40	0.36
0.30	0.36	0.37	0.33	0.39	0.38	0.36	0.37	0.38	0.37	0.40	0.47	0.36	0.38	0.38	0.36
0.37	0.40	0.36	0.35	0.40	0.40	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.46	0.40	0.35	0.38	0.38
0.35	0.41	0.45	0.40	0.45	0.36	0.37	0.37	0.40	0.38	0.40	0.40	0.38	0.34	0.37	0.38
0.35	0.29	0.40	0.36	0.41	0.45	0.38	0.40	0.41	0.38	0.45	0.38	0.40	0.41	0.36	0.45
0.36	0.37	0.27	0.38	0.35	0.39	0.38	0.36	0.39	0.39	0.36	0.38	0.37	0.42	0.35	0.40
0.40	0.32	0.38	0.37	0.36	0.36	0.37	0.36	0.38	0.37	0.38	0.38	0.35	0.38	0.35	0.35
0.35	0.35	0.35	0.35	0.38	0.35	0.38	0.37	0.38	0.36	0.38	0.36	0.38	0.38	0.38	0.35
0.37	0.36	0.39	0.41	0.38	0.35	0.37	0.37	0.37	0.36	0.38	0.37	0.37	0.37	0.36	0.38
0.36	0.37	0.37	0.37	0.38	0.36	0.35	0.37	0.37	0.38	0.38	0.38	0.36	0.37	0.36	0.35
0.38	0.36	0.39	0.35	0.35	0.37	0.40	0.45	0.37	0.38	0.39	0.38	0.38	0.35	0.40	0.36
0.36	0.36	0.41	0.38	0.36	0.37	0.36	0.39	0.40	0.36	0.40	0.39	0.33	0.36	0.41	0.35
0.29	0.39	0.35	0.35	0.40	0.36	0.36	0.36	0.39	0.38	0.36	0.38	0.35	0.37	0.35	0.36
0.35	0.41	0.37	0.35	0.39	0.36	0.38	0.38	0.39	0.30	0.38	0.36	0.38	0.39	0.40	0.38
0.44	0.40	0.35	0.36	0.38	0.45	0.35	0.37	0.39	0.38	0.38	0.35	0.38	0.35	0.35	0.38
0.38	0.38	0.45	0.36	0.37	0.32	0.40	0.38	0.38	0.37	0.38	0.36	0.37	0.38	0.35	0.38
0.40	0.39	0.37	0.36	0.38	0.33	0.38	0.35	0.38	0.38	0.34	0.38	0.38	0.38	0.38	0.35
0.39	0.39	0.35	0.37	0.35	0.35	0.38	0.35	0.37	0.37	0.39	0.38	0.37	0.38	0.38	0.36
0.38	0.37	0.36	0.36	0.38	0.37	0.38	0.35	0.38	0.40	0.40	0.38	0.37	0.38	0.38	0.35
0.45	0.37	0.36	0.35	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.40	0.38	0.35	0.33	0.35	0.37	0.35
0.35	0.35	0.36	0.41	0.36	0.40	0.33	0.38	0.38	0.38	0.38	0.40	0.38	0.34	0.37	0.37
0.37	0.36	0.38	0.36	0.38	0.39	0.38	0.40	0.40	0.38	0.37	0.38	0.37	0.36	0.38	0.37
0.37	0.38	0.35	0.36	0.35	0.40	0.37	0.38	0.43	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	0.37
<b>0.3616</b>	<b>0.3692</b>	<b>0.3692</b>	<b>0.3648</b>	<b>0.3764</b>	<b>0.3736</b>	<b>0.3784</b>	<b>0.3756</b>	<b>0.3892</b>	<b>0.3760</b>	<b>0.3836</b>	<b>0.3824</b>	<b>0.3704</b>	<b>0.3708</b>	<b>0.3736</b>	<b>0.3676</b>
0.3662				0.3760				0.3828				0.3706			

**Fecha: del 20 de Octubre al 26 de Octubre del 2016**

**Cuadro A- 13. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 3**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
0.65	0.65	0.70	0.70	0.65	0.66	0.68	0.65	0.64	0.65	0.70	0.65	0.60	0.65	0.65	0.56
0.66	0.65	0.63	0.63	0.65	0.70	0.60	0.64	0.54	0.63	0.67	0.65	0.60	0.64	0.65	0.60
0.65	0.70	0.65	0.65	0.65	0.65	0.60	0.68	0.65	0.63	0.64	0.68	0.60	0.65	0.66	0.60
0.67	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.70	0.65	0.63	0.60	0.60	0.68	0.65	0.67	0.65	0.60
0.75	0.74	0.66	0.65	0.65	0.63	0.75	0.65	0.60	0.60	0.65	0.68	0.65	0.64	0.70	0.65
0.70	0.70	0.64	0.64	0.65	0.65	0.73	0.65	0.64	0.61	0.65	0.70	0.60	0.60	0.70	0.65
0.70	0.65	0.66	0.67	0.74	0.65	0.70	0.64	0.65	0.70	0.68	0.70	0.65	0.60	0.65	0.65
0.70	0.66	0.65	0.67	0.70	0.70	0.65	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70	0.60	0.60	0.60	0.66
0.67	0.65	0.67	0.65	0.60	0.64	0.65	0.70	0.65	0.65	0.68	0.60	0.65	0.67	0.60	0.69
0.67	0.62	0.67	0.70	0.65	0.68	0.65	0.76	0.60	0.61	0.67	0.62	0.60	0.62	0.65	0.67
0.60	0.66	0.67	0.63	0.65	0.68	0.60	0.70	0.68	0.60	0.65	0.63	0.65	0.63	0.60	0.66
0.62	0.62	0.66	0.65	0.62	0.69	0.58	0.65	0.68	0.63	0.65	0.62	0.73	0.63	0.64	0.66
0.62	0.62	0.65	0.68	0.60	0.60	0.68	0.65	0.65	0.62	0.60	0.60	0.73	0.63	0.57	0.59
0.64	0.66	0.65	0.63	0.60	0.61	0.68	0.65	0.70	0.68	0.60	0.60	0.60	0.62	0.60	0.70
0.64	0.61	0.68	0.65	0.60	0.60	0.68	0.60	0.60	0.65	0.60	0.60	0.67	0.63	0.60	0.70
0.65	0.60	0.68	0.65	0.65	0.60	0.68	0.60	0.67	0.65	0.60	0.60	0.65	0.60	0.64	0.64
0.65	0.60	0.64	0.70	0.65	0.60	0.60	0.65	0.68	0.65	0.60	0.60	0.65	0.60	0.64	0.63
0.65	0.65	0.65	0.64	0.65	0.65	0.67	0.65	0.68	0.64	0.67	0.65	0.60	0.60	0.63	0.63
0.67	0.65	0.70	0.65	0.65	0.65	0.65	0.60	0.68	0.65	0.65	0.65	0.60	0.62	0.62	0.62
0.61	0.65	0.78	0.65	0.65	0.65	0.64	0.64	0.60	0.62	0.65	0.61	0.60	0.63	0.60	0.62
0.60	0.65	0.68	0.66	0.66	0.65	0.64	0.68	0.61	0.60	0.65	0.65	0.60	0.60	0.60	0.62
0.62	0.66	0.65	0.65	0.60	0.64	0.64	0.65	0.65	0.68	0.65	0.65	0.60	0.60	0.60	0.60
0.65	0.66	0.65	0.65	0.63	0.63	0.64	0.65	0.60	0.65	0.70	0.65	0.62	0.64	0.65	0.60
0.65	0.65	0.65	0.65	0.63	0.64	0.62	0.61	0.60	0.65	0.63	0.65	0.60	0.64	0.65	0.60
0.65	0.65	0.68	0.68	0.63	0.64	0.60	0.60	0.60	0.60	0.62	0.65	0.65	0.65	0.60	0.60
<b>0.6536</b>	<b>0.6504</b>	<b>0.6660</b>	<b>0.6572</b>	<b>0.6424</b>	<b>0.6456</b>	<b>0.6524</b>	<b>0.6500</b>	<b>0.6372</b>	<b>0.6360</b>	<b>0.6464</b>	<b>0.6428</b>	<b>0.6300</b>	<b>0.6264</b>	<b>0.6300</b>	<b>0.6310</b>
0.6568				0.6476				0.6406				0.6294			

**Fecha: del 27 de Octubre al 3 de noviembre del 2016**

**Cuadro A- 14. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 4**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
0.95	0.98	0.93	0.93	0.98	0.88	0.93	1.00	0.98	0.98	1.00	0.95	0.90	0.90	0.89	0.89
0.94	0.90	0.92	0.92	0.99	0.80	0.93	0.90	0.93	0.90	0.90	0.94	0.88	0.90	0.90	0.83
0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	0.90	0.99	0.92	1.00	0.95	0.87	0.90	0.90	0.82
0.95	1.11	0.90	0.90	1.00	0.90	0.90	0.98	1.00	0.98	0.90	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90
0.94	0.98	0.94	1.00	0.90	1.00	0.88	0.90	0.90	0.94	0.90	0.93	0.90	1.00	0.89	0.90
0.90	0.90	1.13	1.00	0.90	0.99	0.99	0.89	0.89	0.94	0.90	0.90	0.92	0.89	0.85	0.95
0.90	0.91	1.00	0.92	0.94	0.95	0.90	1.02	0.98	0.90	0.92	0.90	0.93	0.80	0.90	0.84
0.93	0.92	0.90	0.90	0.92	0.90	1.00	0.90	0.95	0.90	0.92	0.99	0.90	0.90	1.00	0.89
0.93	0.94	0.88	0.89	0.90	0.90	1.10	0.90	0.95	0.92	0.90	0.93	0.90	0.91	0.90	0.83
0.90	0.90	0.90	0.87	0.92	0.99	0.90	0.92	0.95	0.94	0.93	0.90	0.90	0.90	0.90	0.83
0.90	0.90	0.95	1.00	0.92	1.00	0.90	0.95	0.90	0.90	1.00	0.94	0.84	0.87	0.94	0.90
0.89	0.90	0.89	0.90	0.90	0.90	1.00	0.93	0.90	1.00	0.92	0.92	0.85	0.90	0.90	0.94
0.84	0.85	0.90	0.99	1.00	0.90	0.90	0.95	0.93	0.99	0.93	0.92	0.90	0.89	0.89	0.92
0.90	0.92	0.94	1.00	1.00	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.94	0.90	0.95	0.85	0.90	0.93
1.05	0.82	0.93	0.90	0.99	0.92	0.90	0.90	0.93	0.90	0.95	0.92	0.94	0.85	0.98	0.92
0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.93	0.92	0.93	0.90	1.00	0.90	0.90	0.94	0.84	0.90	0.90
0.92	0.95	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.93	1.00	0.99	0.90	0.90	0.88	0.85	0.87	0.85
0.95	0.95	0.99	0.85	0.91	1.00	0.90	0.90	0.85	0.95	0.90	0.89	0.85	0.90	0.90	0.90
0.94	1.07	0.90	0.82	0.90	0.92	0.92	0.84	0.93	0.90	1.00	0.90	0.89	0.90	0.95	0.85
0.94	0.90	0.90	0.90	1.05	0.92	0.91	0.90	0.94	0.90	0.99	0.99	0.90	0.80	0.90	0.87
0.93	0.92	1.13	0.90	0.86	0.90	0.90	0.98	0.95	0.92	0.90	1.00	0.85	0.89	0.89	0.85
0.94	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.93	0.98	0.89	0.99	0.99	0.83	0.87	0.90	0.85
0.90	0.92	0.93	0.90	0.92	0.90	0.99	0.90	0.99	0.90	0.90	0.94	0.90	0.90	0.95	0.89
0.88	0.93	0.95	0.98	0.90	0.85	0.92	1.00	0.92	0.99	0.99	0.93	0.93	0.95	0.90	0.90
0.85	0.90	0.85	0.95	0.95	0.99	1.00	0.93	0.90	0.97	1.00	0.95	0.92	0.50	0.82	0.89
<b>0.9188</b>	<b>0.9268</b>	<b>0.9384</b>	<b>0.9208</b>	<b>0.9380</b>	<b>0.9224</b>	<b>0.9316</b>	<b>0.9272</b>	<b>0.9376</b>	<b>0.9368</b>	<b>0.9392</b>	<b>0.9324</b>	<b>0.8948</b>	<b>0.8704</b>	<b>0.9048</b>	<b>0.8816</b>
0.9262				0.9298				0.9365				0.8879			

**Fecha: del 4 de Noviembre al 9 de Noviembre del 2016**

**Cuadro A- 15. Muestreo de pesos (g) correspondiente a la semana 5**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1.24	1.30	1.34	1.00	1.31	1.23	1.32	1.34	1.00	1.23	1.34	1.00	1.24	1.00	1.00	1.21
1.26	1.31	1.20	1.34	1.10	1.10	1.35	1.21	1.16	1.25	1.24	1.00	1.32	1.12	0.98	1.00
1.40	1.24	1.24	1.23	1.24	1.24	1.40	1.14	1.01	1.10	1.12	1.23	1.00	1.00	1.00	1.00
1.10	1.26	1.25	1.28	1.25	1.25	1.42	1.10	1.00	1.00	1.27	1.25	1.00	0.98	1.12	1.32
1.00	1.25	1.30	0.98	1.20	0.99	1.20	1.00	1.34	1.15	1.20	1.32	0.94	1.00	1.23	1.36
1.30	1.30	1.24	1.00	1.17	1.23	1.10	1.36	1.32	1.18	1.00	1.10	1.00	1.00	1.21	1.21
1.20	1.32	1.30	1.38	1.34	1.32	1.34	1.37	1.26	1.08	1.00	1.16	1.37	0.99	1.00	1.28
1.32	1.35	1.29	1.37	1.00	1.50	1.32	1.34	1.24	1.00	1.23	1.32	1.24	0.96	1.34	1.00
1.20	1.25	1.20	1.25	1.26	1.00	1.34	1.23	1.00	1.26	1.16	1.26	1.00	1.00	1.37	1.00
1.00	1.25	1.24	1.20	1.00	1.00	1.10	1.20	1.20	1.37	1.21	1.23	1.30	1.00	1.17	1.00
1.00	1.20	1.23	1.00	1.40	1.00	1.00	1.36	1.00	1.32	1.27	1.00	1.20	1.12	1.16	0.90
1.23	1.00	1.23	1.00	1.34	1.00	1.34	1.08	1.05	1.20	1.23	1.32	1.20	1.26	1.11	1.00
1.25	1.25	1.23	1.34	1.29	1.10	1.21	1.00	1.35	1.17	1.00	1.24	1.10	1.25	1.00	1.00
1.20	1.20	1.25	1.35	1.19	1.00	1.18	1.24	1.34	1.23	1.18	1.14	1.00	1.25	1.00	1.13
1.10	1.10	1.10	0.95	1.23	1.32	1.07	1.20	1.24	1.23	1.19	1.20	1.36	1.12	1.00	1.16
1.25	1.24	1.00	1.34	1.16	1.35	1.00	1.00	1.20	1.00	1.09	1.10	1.24	1.27	1.21	1.21
1.30	1.11	1.00	1.34	1.18	1.09	1.05	1.00	1.00	1.00	1.34	1.30	1.00	1.34	1.12	1.00
1.32	1.20	1.30	1.50	1.00	1.32	1.20	1.23	1.00	1.34	1.30	1.00	1.20	1.21	1.23	1.20
1.27	1.25	1.32	1.20	1.09	1.34	1.20	1.23	1.00	1.38	1.18	1.00	1.10	1.00	1.21	1.10
1.25	1.23	1.24	1.12	1.05	1.32	1.12	1.20	1.09	1.02	1.15	1.20	1.00	1.00	1.21	1.11
1.26	1.20	1.25	1.13	1.31	1.30	1.13	1.18	1.00	1.00	1.00	1.26	1.00	1.00	1.25	1.27
1.25	1.00	1.25	1.17	1.30	1.20	1.34	1.00	1.13	1.34	1.23	1.28	1.00	1.00	1.23	0.94
1.24	1.00	1.26	1.09	1.13	1.23	1.17	1.12	1.12	1.27	1.00	1.00	1.23	1.32	1.11	0.98
1.20	1.10	1.21	1.29	1.25	1.35	1.09	1.23	1.35	1.25	1.00	1.23	1.20	1.38	1.00	1.00
1.27	1.30	1.30	1.28	1.31	1.23	1.28	1.28	1.23	1.13	1.32	1.26	1.34	1.29	1.00	1.00
<b>1.216</b>	<b>1.208</b>	<b>1.2308</b>	<b>1.205</b>	<b>1.2040</b>	<b>1.2004</b>	<b>1.2108</b>	<b>1.1856</b>	<b>1.1452</b>	<b>1.1800</b>	<b>1.1700</b>	<b>1.1760</b>	<b>1.143</b>	<b>1.1145</b>	<b>1.1304</b>	<b>1.095</b>
1.2152				1.2002				1.1678				1.1208			

**Fecha: del 10 de Noviembre al 16 de Noviembre del 2016**

**Cuadro A- 16. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 1**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1.00	1.00	1.00	1.00	2.20	1.00	1.00	1.30	1.50	1.30	1.00	1.00	1.50	1.50	1.40	1.00
1.10	1.00	1.60	1.00	1.10	1.00	2.10	1.50	1.20	1.20	1.30	1.50	1.50	1.00	1.20	1.50
1.00	1.40	1.00	1.00	1.00	1.30	1.50	1.50	1.40	1.40	1.20	1.00	1.20	1.20	1.50	1.00
1.10	1.20	1.30	2.00	1.30	1.10	1.70	1.30	1.40	1.20	1.00	1.50	1.30	1.20	1.00	1.50
1.20	2.00	1.00	1.00	1.20	1.20	1.30	1.50	1.40	12.00	1.10	1.00	1.40	1.40	1.40	1.10
1.10	1.00	1.30	1.20	1.50	1.10	1.70	1.00	1.50	1.00	1.50	1.30	1.50	1.20	1.50	1.00
1.20	1.40	1.30	1.00	1.20	1.00	1.10	1.80	1.50	1.50	1.40	1.30	1.20	1.30	1.10	1.30
1.00	1.40	1.50	1.00	1.20	1.20	1.50	1.00	1.20	1.70	1.00	1.00	1.20	1.70	1.00	1.00
1.50	1.50	1.00	1.00	1.10	1.10	1.50	1.00	1.10	1.50	1.00	1.30	1.40	1.50	1.20	1.00
1.30	1.00	1.30	1.00	1.10	1.10	1.40	1.20	1.50	1.50	1.50	1.00	1.50	1.50	1.30	1.10
1.40	1.10	1.00	1.20	1.20	1.60	1.30	1.10	1.10	1.40	1.50	1.40	1.00	1.40	1.00	1.20
1.60	1.60	1.00	1.00	1.20	1.60	1.90	1.20	1.50	1.10	1.20	1.00	1.50	1.10	1.50	1.00
1.10	1.00	1.00	1.40	1.20	1.00	1.00	1.50	1.40	1.20	1.40	1.60	1.10	1.20	1.40	1.40
1.00	1.00	1.00	1.30	1.10	1.40	1.30	1.60	1.00	1.30	1.30	1.10	1.40	1.30	1.50	1.20
1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.40	1.00	1.20	1.20	1.30	1.60	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00
1.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.60	1.30	1.20	1.40	1.30	1.10	1.00	1.50	1.40	1.50	1.50
1.10	1.00	2.00	1.00	1.30	1.00	1.20	1.30	1.40	1.10	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10
1.00	1.00	1.20	1.10	1.50	1.00	1.20	1.00	1.20	1.00	1.50	1.10	1.20	1.00	1.20	1.70
1.00	1.00	2.00	1.00	1.20	1.00	1.20	1.00	1.20	1.60	1.00	1.10	1.40	1.60	1.50	1.00
1.00	1.00	1.50	2.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.40	1.40	1.00	1.10	1.40	1.50	1.00	1.70
1.00	1.00	1.00	1.10	1.00	1.20	1.00	1.10	1.50	1.50	1.10	1.20	1.10	1.20	1.00	1.00
1.00	1.70	2.00	1.00	1.00	1.00	1.20	1.00	1.30	1.30	1.40	1.40	1.30	1.00	1.10	1.00
1.00	1.00	1.10	1.20	1.00	1.20	1.40	1.00	1.20	1.60	1.40	1.20	1.30	1.10	1.40	1.00
1.40	1.30	2.00	1.00	1.20	1.00	1.20	1.30	1.50	1.00	1.40	1.20	1.20	1.30	1.10	1.10
1.10	1.30	1.60	1.00	1.10	1.30	1.00	1.30	1.50	1.10	1.50	1.40	1.50	1.20	1.40	1.50
<b>1.1280</b>	<b>1.1960</b>	<b>1.3160</b>	<b>1.1480</b>	<b>1.2080</b>	<b>1.1840</b>	<b>1.3200</b>	<b>1.2360</b>	<b>1.3400</b>	<b>1.7400</b>	<b>1.2640</b>	<b>1.1880</b>	<b>1.3080</b>	<b>1.2840</b>	<b>1.2600</b>	<b>1.1960</b>
1.1970				1.2370				1.3830				1.2620			

**Fecha: del 12 de Octubre al 19 de Octubre del 2016**

**Cuadro A- 17. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 2**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
2.10	2.60	2.30	2.36	2.50	2.00	2.13	2.00	2.00	2.30	2.25	2.30	2.40	2.00	2.50	2.14
2.30	2.10	2.50	2.67	1.50	2.14	2.50	2.54	2.45	2.45	2.00	2.00	2.00	2.10	2.10	2.00
2.40	2.40	2.60	2.20	2.00	2.20	1.90	2.00	2.45	2.33	2.40	2.10	2.10	2.40	2.00	2.50
2.60	2.60	2.10	2.54	1.50	2.10	2.60	2.50	2.67	2.56	2.90	2.40	2.30	2.13	2.00	2.90
2.30	2.30	2.50	2.00	2.13	2.15	2.10	2.50	2.78	2.10	2.12	2.30	2.00	2.50	2.40	2.50
2.50	2.20	2.40	2.50	2.60	2.30	2.00	2.70	2.10	2.34	1.90	2.00	2.10	2.12	2.00	2.60
2.10	2.00	2.60	2.34	2.20	2.50	1.96	2.00	2.20	2.00	2.13	2.10	2.00	2.30	2.60	2.00
2.12	2.30	2.10	2.10	2.50	2.60	2.00	2.33	2.89	2.20	2.56	2.50	2.50	2.00	2.00	2.50
2.00	2.50	2.00	2.19	2.50	2.70	2.23	2.34	2.30	2.20	1.60	2.00	2.60	2.30	2.70	2.00
2.30	2.40	2.40	2.60	2.80	2.80	2.40	2.56	2.20	2.10	2.45	2.90	2.50	2.30	2.40	2.10
2.20	2.10	2.00	2.40	2.45	2.00	2.10	2.76	2.13	2.10	2.89	2.40	2.50	2.30	2.00	2.90
2.50	2.50	2.10	2.10	2.30	2.00	2.50	2.12	2.50	2.30	2.00	2.10	2.00	2.00	2.70	2.40
2.60	2.10	2.00	2.50	2.30	2.30	2.60	2.10	2.80	2.00	2.10	2.00	2.00	2.50	2.50	2.70
2.10	2.30	2.13	2.60	2.12	2.10	2.14	2.67	2.10	2.40	2.00	2.45	2.10	2.10	2.10	2.60
2.00	2.00	2.50	2.13	2.10	2.50	2.20	2.70	2.00	2.60	2.34	2.12	2.00	2.00	2.10	2.70
2.10	2.50	1.90	2.10	2.00	2.60	2.30	2.89	2.50	2.80	2.00	2.10	2.00	2.00	2.50	2.50
2.10	2.40	2.10	2.00	2.40	2.70	2.20	2.45	2.60	2.40	2.90	2.50	2.00	2.20	2.60	2.30
2.60	2.80	2.10	2.60	2.00	2.80	2.50	2.14	2.50	2.20	2.10	2.80	2.10	2.30	2.50	2.00
2.10	2.50	2.12	1.90	2.70	2.40	2.60	2.13	2.60	2.00	2.50	2.34	2.10	2.10	2.60	2.00
2.00	2.60	2.15	2.10	2.60	2.00	2.10	2.67	2.34	2.40	2.00	2.10	2.40	2.00	2.00	2.80
2.40	2.70	2.45	2.50	2.12	2.10	2.00	2.68	2.90	2.00	2.14	2.30	2.00	2.00	2.40	2.50
2.30	2.10	2.10	2.30	2.15	2.14	2.40	2.12	2.50	2.70	2.00	2.00	2.12	2.40	2.80	2.60
2.50	2.40	2.45	2.20	2.10	2.00	2.00	2.89	2.60	2.50	2.20	2.10	2.20	2.50	2.50	2.00
2.30	1.90	2.46	2.50	2.50	2.10	2.10	2.14	2.80	2.13	2.40	2.00	2.10	2.50	2.60	2.00
2.10	2.00	2.65	2.15	2.10	2.45	2.50	2.13	2.50	2.20	2.00	2.00	2.70	2.10	2.13	2.70
<b>2.2648</b>	<b>2.3320</b>	<b>2.2684</b>	<b>2.3032</b>	<b>2.2468</b>	<b>2.3072</b>	<b>2.2424</b>	<b>2.4024</b>	<b>2.4564</b>	<b>2.2924</b>	<b>2.2352</b>	<b>2.2364</b>	<b>2.1928</b>	<b>2.2060</b>	<b>2.3492</b>	<b>2.3976</b>
2.2921				2.2997				2.3051				2.2864			

**Fecha: del 20 de Octubre al 26 de Octubre del 2016**



**Cuadro A- 18. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 3**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
4.90	4.90	4.50	4.40	4.40	4.30	4.70	4.00	4.90	4.70	4.50	4.40	4.90	4.40	4.40	4.20
4.00	4.50	4.90	4.80	4.50	4.20	4.40	4.50	4.00	4.90	4.90	4.80	4.90	4.90	4.90	5.10
4.90	4.40	5.00	4.90	5.00	4.90	4.40	4.50	4.90	4.40	5.00	4.90	4.60	4.10	4.90	4.00
4.10	4.80	5.00	5.00	4.80	5.00	5.00	3.60	4.10	4.80	3.90	5.00	4.50	4.40	4.00	5.00
4.30	4.90	4.00	4.30	5.10	4.00	5.30	4.00	4.30	4.90	4.50	4.30	4.40	4.90	4.50	4.30
4.30	4.90	4.50	4.50	4.90	4.40	4.50	4.50	4.30	4.90	4.00	4.50	4.40	3.80	4.60	4.20
4.10	4.80	4.00	3.90	4.00	5.00	4.50	4.10	4.10	4.80	4.30	3.90	4.40	4.30	4.00	4.70
4.90	4.40	4.40	4.20	5.00	4.90	4.10	4.00	4.90	4.40	4.40	4.20	4.50	4.20	5.00	4.50
4.90	4.90	4.50	4.50	4.30	5.00	4.50	4.50	4.90	4.90	4.50	4.50	5.00	4.90	4.40	4.60
4.00	5.00	4.40	4.00	4.40	5.00	4.50	4.50	4.50	5.00	4.00	4.30	5.60	5.00	5.30	4.00
5.00	4.00	5.00	5.20	4.30	4.40	4.90	5.00	5.00	3.30	4.50	5.00	5.10	4.00	4.00	4.00
4.30	4.20	4.50	4.50	4.30	4.90	5.00	4.50	4.00	4.90	4.70	4.00	4.90	4.60	4.50	4.50
4.40	4.10	4.50	4.50	4.10	4.90	4.50	4.50	4.60	4.20	4.60	4.80	4.00	5.00	4.60	5.00
4.20	4.90	5.20	4.30	5.00	5.00	4.50	4.80	4.80	4.20	5.00	4.00	3.90	4.90	4.10	4.00
4.40	4.00	4.00	4.20	5.10	4.90	4.30	4.30	5.00	4.50	4.60	4.60	4.10	4.90	5.00	4.00
5.00	4.30	4.50	3.90	4.90	4.60	4.30	4.30	4.50	4.50	4.50	4.00	4.30	4.40	4.00	5.00
4.50	4.20	4.40	4.50	4.10	4.90	4.40	4.00	4.40	4.40	4.20	4.90	4.40	4.90	4.90	4.10
4.00	4.90	4.40	4.50	4.30	4.40	4.70	5.00	4.90	4.90	5.10	4.00	4.30	4.90	4.50	5.00
5.00	5.00	4.00	5.00	4.40	4.90	4.90	4.10	4.10	4.90	5.10	4.90	4.10	4.40	4.50	4.30
5.10	5.30	4.50	4.00	4.30	4.90	4.50	3.90	5.00	5.00	5.00	4.10	4.30	4.00	4.60	5.10
4.90	4.60	4.50	4.50	4.30	4.60	5.00	4.50	4.30	4.00	4.30	5.00	4.30	5.00	4.00	5.30
4.60	5.00	4.50	4.10	4.50	5.00	4.00	5.00	4.40	4.40	4.50	4.30	4.10	4.10	5.00	4.00
4.60	4.30	4.00	4.40	4.90	4.30	5.30	4.00	4.30	5.00	5.00	4.40	4.90	4.10	4.50	4.00
5.20	4.20	4.40	4.90	4.70	4.00	4.50	4.50	4.30	3.90	4.00	4.30	4.00	4.40	4.50	4.50
4.00	4.90	4.40	5.00	4.50	5.00	4.50	4.10	4.50	4.50	4.50	4.30	4.90	4.00	4.40	4.70
<b>4.5440</b>	<b>4.6160</b>	<b>4.4800</b>	<b>4.4800</b>	<b>4.5640</b>	<b>4.6960</b>	<b>4.6080</b>	<b>4.3480</b>	<b>4.5200</b>	<b>4.5720</b>	<b>4.5440</b>	<b>4.4560</b>	<b>4.5120</b>	<b>4.5000</b>	<b>4.5240</b>	<b>4.5040</b>
4.5300				4.5540				4.5230				4.5100			

**Fecha: del 27 de Octubre al 3 de noviembre del 2016**

**Cuadro A- 19. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 4**

Tratamiento T0				Tratamiento T1				Tratamiento T2				Tratamiento T3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
6.00	7.00	6.90	6.80	6.50	6.10	7.00	6.50	6.30	6.70	6.50	7.40	6.80	6.40	7.00	6.70
6.70	6.90	7.10	6.10	6.70	6.10	6.50	6.40	6.40	6.40	7.00	6.00	7.00	6.30	6.00	6.50
6.70	7.20	6.80	6.60	6.30	6.10	6.20	6.40	6.70	7.00	6.90	7.00	6.50	6.30	7.00	7.00
6.40	6.00	7.00	7.00	6.30	5.30	6.30	6.30	7.00	6.50	6.00	6.00	6.40	7.00	7.60	6.50
6.70	6.70	6.50	5.80	6.40	7.00	7.40	7.00	7.40	6.40	6.40	6.40	6.40	6.60	6.90	7.00
6.00	6.80	6.60	6.50	6.70	7.50	6.60	7.50	6.40	7.00	7.00	6.10	6.30	6.70	7.00	6.50
6.70	5.90	7.40	6.80	6.00	6.40	6.90	6.80	7.00	6.30	6.80	6.40	6.30	6.50	6.40	6.70
7.50	5.90	6.00	7.00	7.00	7.00	7.00	6.70	6.00	7.00	6.00	7.00	6.10	6.20	6.40	6.30
7.00	6.00	7.00	6.50	6.40	6.40	6.50	6.40	7.00	7.50	6.00	6.60	6.20	6.20	6.30	6.30
6.90	6.50	6.00	6.40	7.00	7.00	6.40	7.00	7.60	6.80	6.00	7.00	6.00	6.90	7.00	6.40
6.00	6.70	6.40	6.40	6.80	6.60	7.00	6.40	6.90	6.20	7.00	5.80	6.40	6.20	7.50	6.40
6.80	6.30	6.10	6.30	7.00	7.00	6.30	7.00	7.00	6.10	6.50	6.40	7.00	6.60	6.40	6.10
7.00	6.30	6.40	7.00	6.50	7.00	7.00	6.60	6.40	7.00	6.40	7.00	6.40	6.40	6.00	6.20
6.50	6.40	7.00	7.50	6.40	6.40	7.50	7.00	6.40	6.60	6.40	7.40	7.00	6.30	6.70	6.00
6.40	6.40	6.60	6.80	6.40	6.00	6.80	7.00	6.30	6.40	7.00	6.70	6.60	7.00	6.80	7.00
6.40	6.10	7.00	6.70	7.00	7.00	6.20	6.40	7.00	6.30	7.00	6.80	7.00	7.50	7.00	7.60
6.30	6.20	5.80	7.00	6.30	6.40	7.00	7.00	7.50	7.00	6.00	7.00	7.00	6.80	6.40	6.50
7.00	6.00	6.40	6.80	6.10	6.80	6.80	6.80	6.40	7.50	6.50	7.50	6.40	6.80	7.00	7.00
7.50	7.00	6.00	7.00	6.20	7.00	6.80	7.00	6.00	6.80	6.70	6.80	6.40	6.40	6.80	6.40
7.00	7.60	6.90	6.70	6.00	6.60	7.00	6.50	7.00	6.70	6.30	6.70	6.30	7.00	7.00	6.40
7.10	6.90	6.00	6.80	7.00	7.00	6.50	6.40	6.50	7.00	6.30	7.00	7.00	6.90	6.50	7.00
6.50	6.60	6.10	6.80	7.60	6.60	7.00	6.40	7.00	6.80	6.40	6.80	6.50	6.00	6.40	6.80
6.90	7.50	7.00	7.00	6.90	7.00	6.40	6.30	6.40	7.00	7.00	7.00	6.50	6.10	6.40	6.70
7.00	6.50	6.80	6.80	6.70	6.20	6.30	7.00	6.30	6.50	6.40	6.80	7.00	7.00	6.30	6.8
7.10	6.80	7.00	6.50	6.30	7.00	7.00	6.10	6.30	7.00	7.00	6.30	6.80	6.60	6.80	6.9
<b>6.7240</b>	<b>6.5680</b>	<b>6.5920</b>	<b>6.7040</b>	<b>6.5800</b>	<b>6.6200</b>	<b>6.7360</b>	<b>6.6760</b>	<b>6.6880</b>	<b>6.7400</b>	<b>6.5400</b>	<b>6.7160</b>	<b>6.5720</b>	<b>6.5880</b>	<b>6.7040</b>	<b>6.6280</b>
6.6470				6.6530				6.6710				6.6230			

**Fecha: del 4 de Noviembre al 9 de Noviembre del 2016**

**Cuadro A- 20. Muestreo de tallas (cm) correspondiente a la semana 5**

Tratamiento 0				Tratamiento 1				Tratamiento 2				Tratamiento 3			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
8.50	8.00	9.00	8.00	8.50	8.00	9.00	8.20	8.90	8.60	9.40	9.50	7.70	8.50	9.00	9.00
8.90	8.40	8.50	8.70	9.00	9.40	8.60	8.00	8.80	8.00	8.00	8.87	8.50	9.00	8.50	8.00
9.00	9.50	8.60	9.00	9.40	9.50	8.90	8.60	9.00	8.20	8.50	8.00	9.70	8.50	9.00	7.90
8.40	9.60	8.40	8.60	8.70	9.00	8.60	8.20	8.60	8.00	9.00	9.40	8.40	8.70	8.60	8.50
8.60	8.00	8.50	7.90	8.40	9.50	9.00	9.00	8.60	8.20	9.00	9.40	8.10	8.90	7.80	8.60
9.50	8.40	9.00	9.40	8.50	8.70	9.10	9.40	9.00	9.00	8.70	9.00	9.20	8.40	8.00	8.90
9.40	9.50	8.90	8.60	9.40	9.50	8.90	8.60	8.70	9.00	8.60	8.20	9.00	9.30	7.60	8.00
8.00	8.87	8.80	8.00	8.00	8.87	8.80	8.00	8.40	8.00	8.80	9.00	8.70	8.50	9.00	8.90
8.50	8.00	9.00	8.20	8.50	8.00	9.00	8.20	8.50	8.70	9.10	9.40	8.40	9.60	8.40	8.60
9.00	9.40	8.60	8.00	9.00	9.40	8.60	8.00	8.50	7.90	9.40	8.00	8.60	8.00	8.50	7.90
8.70	9.00	8.60	8.20	9.00	9.40	8.60	8.00	7.70	8.50	8.00	9.00	9.00	8.20	8.50	8.70
8.40	9.50	9.00	9.00	8.70	9.00	8.60	8.20	8.50	9.00	8.50	8.00	8.60	8.00	8.50	7.90
8.50	8.70	9.10	9.40	8.40	9.50	9.00	9.00	8.00	9.00	9.40	8.60	8.00	8.00	9.50	8.40
8.00	9.00	8.20	8.50	8.50	8.70	9.10	9.40	8.40	8.70	8.00	8.60	8.20	8.20	8.70	9.10
9.40	8.60	8.00	8.50	8.50	7.90	9.40	8.00	8.00	8.40	9.50	8.00	9.00	9.00	7.90	9.40
9.40	8.60	8.00	7.70	9.50	8.40	9.00	9.40	9.00	8.50	8.70	9.10	9.40	9.40	8.60	8.60
8.00	9.00	8.20	8.50	9.40	9.50	8.90	8.60	6.50	8.50	7.90	9.40	8.00	7.70	9.50	8.60
9.40	8.60	8.00	8.50	8.00	8.87	9.00	9.00	8.00	8.87	8.40	9.00	8.20	8.50	9.40	8.60
9.40	8.60	8.00	7.70	8.50	8.00	8.50	8.00	8.50	8.00	8.50	8.60	8.00	8.50	8.00	8.00
9.70	8.50	9.00	7.90	9.00	9.40	9.00	7.90	9.00	9.40	9.40	8.60	8.00	7.70	8.50	8.20
8.40	8.70	8.60	8.50	9.40	9.50	8.60	8.50	8.00	8.00	8.00	8.70	9.10	9.40	8.60	9.00
8.10	8.90	7.80	8.60	8.00	8.87	7.80	8.60	8.20	8.00	9.40	7.90	9.40	8.00	8.00	9.40
9.20	8.40	8.00	8.90	8.50	8.00	8.00	9.00	9.00	8.70	9.00	8.40	9.00	9.40	9.00	8.00
9.00	9.30	7.60	8.00	9.00	9.40	8.60	9.10	9.40	8.40	9.50	9.50	8.90	8.60	6.50	4.9
8.70	8.50	9.00	8.90	8.70	9.00	8.60	9.40	8.00	8.50	8.70	8.87	9.00	9.00	8.00	4.9
<b>8.8040</b>	<b>8.7828</b>	<b>8.4960</b>	<b>8.4480</b>	<b>8.7400</b>	<b>8.9324</b>	<b>8.7680</b>	<b>8.5720</b>	<b>8.4480</b>	<b>8.4828</b>	<b>8.7760</b>	<b>8.7616</b>	<b>8.6440</b>	<b>8.6000</b>	<b>8.4640</b>	<b>8.2400</b>
8.6327				8.7531				8.6171				8.4870			

**Fecha: del 10 de Noviembre al 16 de Noviembre del 2016**

**Cuadro A- 21.** Tabla de conversión alimenticia semanal por tratamiento

tratamiento	semana	alimento ofrecido g (a)	alimento rechazado g (b)	alimento consumido g (c=a-b)	Cantidad de alevines alimentados (d)	cantidad de alimento consumido por alevín g (e=c/d)	Resumen de pesos semanales g (f)	peso promedio inicial g (g)	peso promedio final gr (h)	ganancia de peso g (i=h-g)	Conversión alimenticia (j=e/i)
T0	1	48.3000	7.2450	41.0550	345	0.1190	0.1019	0.0500	0.1019	0.0519	2.2929
	2	61.5221	9.8435	51.6786	345	0.1498	0.1316	0.1019	0.3662	0.2643	0.5668
	3	161.7840	22.6498	139.1342	321	0.4334	0.2638	0.3662	0.6568	0.2906	1.4915
	4	171.4440	25.7166	145.7274	314	0.4641	0.4397	0.6568	0.9262	0.2694	1.7227
	5	198.9960	31.8394	167.1566	309	0.5410	0.6186	0.9262	1.2152	0.289	1.8718
T1	1	48.3000	7.7280	40.5720	345	0.1176	0.1255	0.0500	0.1255	0.0755	1.5576
	2	71.8673	17.9668	53.9004	338	0.1595	0.1486	0.1255	0.376	0.2505	0.6366
	3	161.6160	24.2424	137.3736	312	0.4403	0.2598	0.376	0.6476	0.2716	1.6211
	4	157.5168	26.7779	130.7389	293	0.4462	0.4458	0.6476	0.9298	0.2822	1.5812
	5	185.4720	33.3850	152.0870	288	0.5281	0.6083	0.9298	1.2002	0.2704	1.9530
T2	1	48.3000	9.6600	38.6400	345	0.1120	0.1162	0.0500	0.1162	0.0662	1.6918
	2	69.7491	13.9498	55.7992	343	0.1627	0.1561	0.1162	0.3828	0.2666	0.6102
	3	173.4320	39.8894	133.5426	326	0.4096	0.2411	0.3828	0.6406	0.2578	1.5890
	4	164.5056	29.6110	134.8946	306	0.4408	0.4572	0.6406	0.9365	0.2959	1.4898
	5	197.9040	37.6018	160.3022	304	0.5273	0.5829	0.9365	1.1618	0.2253	2.3405
T3	1	48.3000	7.7280	40.5720	345	0.1176	0.1155	0.0500	0.1155	0.0655	1.7954
	2	68.9246	15.8527	53.0720	341	0.1556	0.1467	0.1155	0.3706	0.2551	0.6101
	3	170.4220	37.4928	132.9292	329	0.4040	0.2363	0.3706	0.6294	0.2588	1.5612
	4	166.6560	33.3312	133.3248	320	0.4166	0.4190	0.6294	0.8879	0.2585	1.6118
	5	193.0530	40.5411	152.5119	317	0.4811	0.5716	0.8879	1.1208	0.2329	2.0657

**Cuadro A- 22.** Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para los pesos

F.V	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	3	0.01	19.47	0.0001
TRATAMIENTO	0.03	3	0.01	19.47	0.0001
Error	0.01	12	4.7E-04		
Total	0.03	15			

Estadísticamente la comparación del concentrado testigo y los diferentes niveles de sustitución de harina de lombriz roja californiana en la formulación de las dietas alimenticias para alevines de tilapia nilotica del tipo TGM produjeron diferentes efectos en el peso (P=0.0001).

**Cuadro A- 23.** Prueba de diferencia mínima significativa para los pesos

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E			
T3	1.12	4	0.01	A		
T2	1.17	4	0.01		B	
T1	1.20	4	0.01		B	C
T0	1.23	4	0.01			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Cuadro A- 24.** Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para las ganancia de peso

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
modelo	0.02	3	0.01	30.27	>0.0001
TRATAMIENTO	0.02	3	0.01	30.27	>0.0001
Error	2.SE-03	12	2.SE-04		
Total	0.02	15			

Estadísticamente la comparación del concentrado testigo y los diferentes niveles de sustitución de harina de lombriz roja californiana en la formulación de las dietas alimenticias para alevines de tilapia nilotica del tipo TGM produjeron diferentes efectos en la ganancia de peso ( $P=0.0001$ ).

**Cuadro A- 25.** Prueba de diferencia mínima significativa para la ganancia de peso

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E			
T3	1.07	4	0.01	A		
T2	1.12	4	0.01		B	
T1	1.15	4	0.01			C
T0	1.16	4	0.01			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Cuadro A- 26. Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para las conversiones alimenticias**

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.01	3	4.9E-03	10.99	>0.0009
TRATAMIENTO	0.01	3	4.9E-03	10.99	>0.0009
Error	0.01	12	4.9E-04		
Total	0.02	15			

Estadísticamente la comparación del concentrado testigo y los diferentes niveles de sustitución de harina de lombriz roja californiana en la formulación de las dietas alimenticias para alevines de tilapia nilotica del tipo TGM produjeron diferentes efectos en cuanto a la conversión alimenticia (P=0.0009).

**Cuadro A- 27.** Prueba de diferencia mínima significativa para la conversión alimenticia

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E			
T3	1.50	4	0.01	A		
T2	1.53	4	0.01		B	
T1	1.53	4	0.01		B	
T0	1.58	4	0.01			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Cuadro A- 28.** Cuadro de Análisis de Varianza (SC tipo III) para las tallas

F.V	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.14	3	0.05	1.57	>0.2473
TRATAMIENTO	0.14	3	0.05	1.57	>0.2473
Error	0.36	12	0.03		
Total	0.50	15			

Estadísticamente la comparación del concentrado testigo y los diferentes niveles de sustitución de harina de lombriz roja californiana en la formulación de las dietas alimenticias para alevines de tilapia nilotica del tipo TGM no produjeron diferentes efectos en el aumento de talla (P=0.2473).

**Cuadro A- 29.** Prueba de diferencia mínima significativa para la conversión alimenticia

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E</b>			
T3	8.49	4	0.09	A		
T2	8.62	4	0.09	A		
T1	8.63	4	0.09	A		
T0	8.75	4	0.09	A		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.01$ )

**Cuadro A- 30.** Mortalidades diarias registradas por tratamiento durante las cinco semanas

	Tratamiento	cantidad inicial	Mi	J	V	S	D	L	M	cantidad final
			12	13	14	15	16	17	18	
semana 1	T0	345	0	0	0	0	0	0	0	345
	T1	345	5	2	0	0	0	0	0	338
	T2	345	1	1	0	0	0	0	0	343
	T3	345	4	0	0	0	0	0	0	341
semana 2			<b>Mi</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	
			<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	
	T0	345	5	1	6	3	4	3	2	321
	T1	338	1	1	4	5	4	5	4	312
	T2	343	1	2	3	4	3	3	1	326
	T3	341	1	2	1	2	1	5	0	329
semana 3			<b>Mi</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	
			<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>1</b>	
	T0	321	2	2	0	0	0	2	1	314
	T1	312	2	3	2	3	7	2	0	293
	T2	326	3	3	3	1	6	2	2	306
	T3	329	4	1	1	0	0	2	1	320
semana 4			<b>Mi</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	
			<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	
	T0	314	0	1	0	1	3	0	0	309
	T1	293	0	2	1	0	0	0	0	288
	T2	306	0	1	0	0	1	0	0	304
	T3	320	0	1	0	0	1	0	1	317
semana 5			<b>Mi</b>	<b>J</b>	<b>V</b>	<b>S</b>	<b>D</b>	<b>L</b>	<b>M</b>	
			<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	
	T0	309	1	5	10	6	4	5	6	272
	T1	288	1	3	5	3	4	4	5	263
	T2	304	0	2	3	0	2	2	0	295
	T3	317	0	2	8	0	3	4	3	297
			<b>Mi</b>							
			<b>16</b>							
	T0	272	1							271
	T1	263	0							263
	T2	295	0							295
	T3	297	1							296
porcentaje de mortalidad	T0									21,45
	T1									23,77
	T2									14,49
	T3									14,20



**Cuadro A- 31.** Costo de un quintal por ingrediente

Harina de lombriz	\$95.44
Harina de pescado	\$81.81.
Harina de soya	\$30.89
Harina de maíz	\$22.60
Grasa	\$45.00
Sal	\$7.50
Premezcla de vitaminas y minerales	\$113.00

**Cuadro A- 32.** Costo de producir un kilogramo de lombriz viva<sup>2</sup>

Insumo	Cantidad	Precio
Recipiente de durapax <sup>3</sup>	1	\$0.06
Estiercol	-	
Agua	-	\$0.10
Mano de obra	-	\$0.14
TOTAL		\$0.30

Para obtener un kilogramo de harina de lombriz se gastaron 7 kilogramos de lombriz viva, por lo que el costo de producir un kilogramo de harina de lombriz es \$2.10 y el de producir un quintal es de \$95.44.

**Cuadro A- 33.** Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T0

Ingredientes	porcentaje % en la mezcla	cantidad en gramos	cantidad en libras	cantidad en kilogramos	valor de producir 45.45 kg por ingrediente	costo por cantidad de ingrediente
harina de lombriz	0	0	0	0	\$ 95,44	\$ -
harina de pescado	54	349,9038	0,7707	0,3503	\$ 81,81	\$ 0,63
harina de soya	25	161,9925	0,3568	0,1622	\$ 30,89	\$ 0,11
harina de maíz	18.50	119,8744	0,2640	0,1200	\$ 22,60	\$ 0,06
Grasa	2	12,9594	0,0285	0,0130	\$ 45,00	\$ 0,01
Sal	0.25	1,6200	0,0036	0,0016	\$ 7,50	\$ 0,01
pre mezcla de vitaminas y minerales	0.25	1,6200	0,0036	0,0016	\$113	\$ 0,01
TOTAL	100	647,9701	1,4272	0,6487		\$ 0,83

<sup>2</sup> Víctor, M. 2015. Costo de producción de un kilo de lombriz viva (entrevista). Cuscatlán, SV.

<sup>3</sup> En cada caja de este tipo se obtiene un promedio de 4 Kilogramo de Lombriz viva.

**Cuadro A- 34.** Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T1

ingredientes	porcentaje % en la mezcla	cantidad en gramos	cantidad en libras	cantidad en kilogramos	valor de producir 45.45 kg por ingrediente	costo por cantidad de ingrediente
harina de lombriz	14,5	91,5298	0,2016	0,0916	\$ 95,44	\$ 0,19
harina de pescado	40,5	255,6522	0,5631	0,2560	\$ 81,81	\$ 0,46
harina de soya	25	157,8100	0,3476	0,1580	\$ 30,89	\$ 0,11
harina de maiz	17,5	110,467	0,2433	0,1106	\$ 22,60	\$ 0,05
grasa	2	12,6248	0,0278	0,0126	\$ 45,00	\$ 0,01
sal	0,25	1,5781	0,0035	0,0016	\$ 7,50	\$ 0,01
pre mezcla de vitaminas y minerales	0,25	1,5781	0,0035	0,0016	\$113	\$ 0,01
<b>TOTAL</b>	100	631,2400	1,3904	0,6320		\$ 0,84

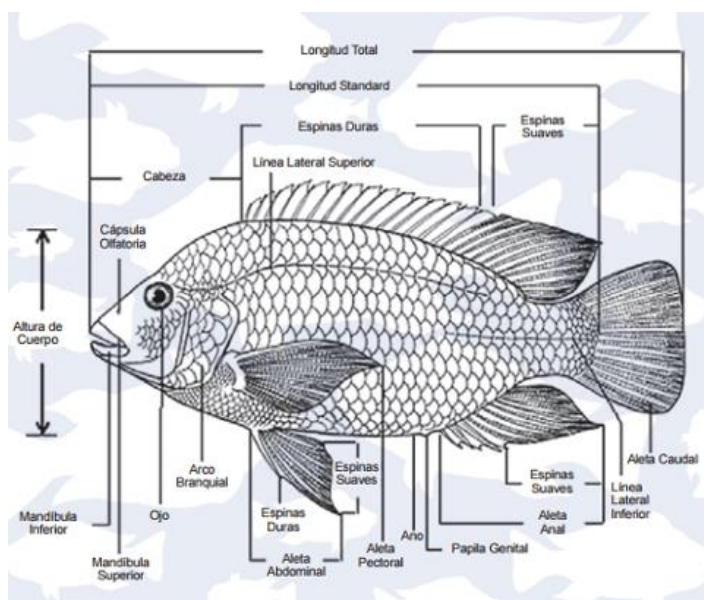
**Cuadro A- 35.** Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T2

ingredientes	porcentaje % en la mezcla	cantidad en gramos	cantidad en libras	cantidad en kilogramos	valor de producir 45.45 kg por ingrediente	costo por cantidad de ingrediente
harina de lombriz	30	197,0130	0,4339	0,1972	\$ 95,44	\$ 0,41
harina de pescado	27	177,3117	0,3906	0,1775	\$ 81,81	\$ 0,32
harina de soya	25	164,1775	0,3616	0,1644	\$ 30,89	\$ 0,11
harina de maiz	15,5	101,7900	0,2242	0,1019	\$ 22,60	\$ 0,05
grasa	2	13,1342	0,0289	0,0131	\$ 45,00	\$ 0,01
sal	0,25	1,6417	0,0036	0,0016	\$ 7,50	\$ 0,01
pre mezcla de vitaminas y minerales	0,25	1,6417	0,0036	0,0016	\$113	\$ 0,01
<b>TOTAL</b>	100	656,7098	1,4465	0,6575		\$ 0,92

**Cuadro A- 36.** Cantidad y costo por ingrediente para el tratamiento T3

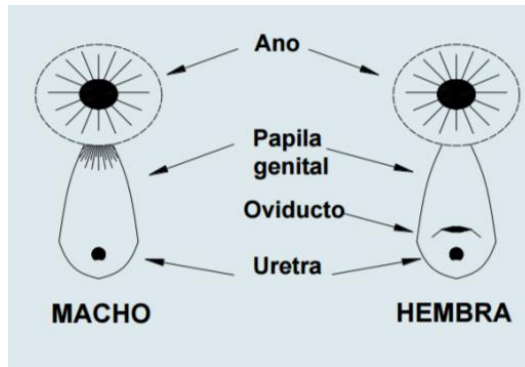
ingredientes	porcentaje % en la mezcla	cantidad en gramos	cantidad en libras	cantidad en kilogramos	valor de producir 45.45 kg por ingrediente	costo por cantidad de ingrediente
harina de lombriz	44,5	291,0821	0,6412	0,2914	\$ 95,44	\$ 0,61
harina de pescado	13,5	88,3158	0,1945	0,0884	\$ 81,81	\$ 0,16
harina de soya	25	163,5293	0,3602	0,1637	\$ 30,89	\$ 0,11
harina de maiz	14,5	94,8400	0,2089	0,0950	\$ 22,60	\$ 0,05
grasa	2	13,0823	0,0288	0,0131	\$ 45,00	\$ 0,01
sal	0,25	1,6352	0,0036	0,0016	\$ 7,50	\$ 0,01
pre mezcla de vitaminas y minerales	0,25	1,6352	0,0036	0,0016	\$113	\$ 0,01
<b>TOTAL</b>	100,00	654,1199	1,4408	0,6549		\$ 0,96

**FIGURAS**



**Figura A- 1.** Características taxonómicas de la tilapia

**Fuente:** CENDEPESCA 2008



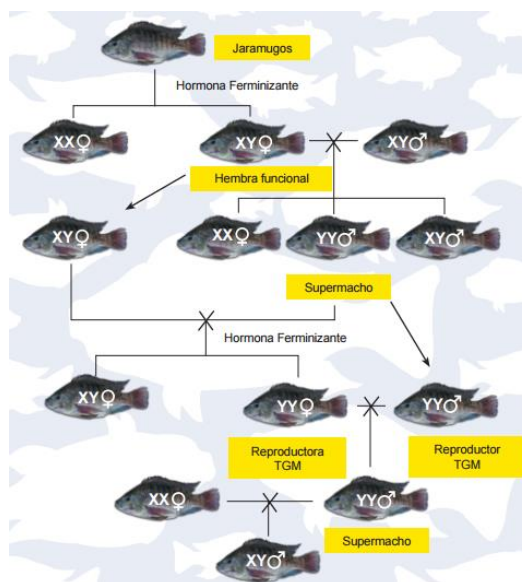
**Figura A- 2.** Diferenciación genital en el género *Oreochromis*

**Fuente:** Marcillo-Gallino y Landívar-Zambrano 2008

Hembra	Macho	Nota
<i>O. niloticus</i>	<i>O. aureus</i>	Resultado inconsistente
<i>O. niloticus</i>	<i>O. macrochir</i>	Los alevines 75-80% son machos
<i>O. niloticus</i>	<i>O. homorum</i>	Los alevines mayoría son machos
<i>O. niloticus</i>	<i>O. variabilis</i>	Los alevines 100% son machos
<i>O. mossambicus</i>	<i>O. aureus</i>	Los alevines 75-80% son machos
<i>O. mossambicus</i>	<i>O. homorum</i>	Los alevines 100% son machos
<i>O. spilurus niger</i>	<i>O. macrochir</i>	Los alevines 75-80% son machos
<i>O. spilurus niger</i>	<i>O. homorum</i>	Los alevines 100% son machos
<i>O. aureus</i>	<i>O. homorum</i>	Los alevines 75-80% son machos
<i>T. zillii</i>	<i>O. andersonii</i>	Los alevines 100% son machos

**Figura A- 3.** Cruces de tilapia más comunes para la obtención de híbridos

**Fuente:** CENDEPESCA 2008



**Figura A- 4** Esquema para la obtención

de alevines TGM

**Fuente:** CENDEPESCA 2008



**Figura A- 5. Geomembrana**



**Figura A- 6. Estanques cilíndricos de geomembrana**



**Figura A- 7. Vista interna del desagüe del estanque**



**Figura A- 8.** Torre de metal utilizada para la instauración del sistema de goteo



**Figura A- 9.** Barriles plásticos suspendidos en la torre de hierro



**Figura A- 10.** Sistema de filtro dentro de los estanques blancos



Figura A- 11. Vista superior del sistema de goteo por gravedad



Figura A- 12. Lamina transparente utilizada para mejorar la luminosidad

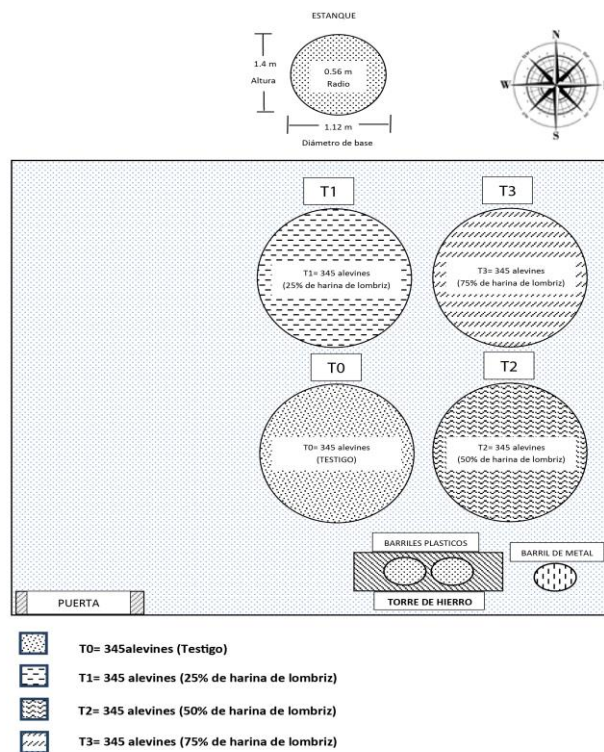


Figura A- 13. Orientación geográfica, infraestructura y distribución del ensayo



**Figura A- 14.** Cama para la crianza de las lombrices



**Figura A- 15.** Muestreo de peso



**Figura A- 16.** Muestreo tallas lombriz



**Figura A- 17.** Elaboración de la harina de lombriz





UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA

RESULTADO DE ANÁLISIS

**Fecha de Emisión:** Ciudad Universitaria, 23 de septiembre de 2016  
**Fecha de ingreso:** 03 / Noviembre / 2016  
**Tipo de Muestra:** Concentrado (T0,T1,T2 y T3) y Harina de lombriz y pescado  
**Análisis solicitado:** Humedad y Proteína  
**Usuario:** Brs: Stephanie Alvarenga, Fátima Beatriz Flores y Ariana Machuca

No.	Identificación muestra	Humedad %	Proteína %
263	Concentrado T0	7.68	41.50
264	Concentrado T1	7.13	41.72
265	Concentrado T2	7.56	41.59
266	Concentrado T3	6.52	42.66
267	Harina lombriz	4.40	52.70
268	Harina pescado	7.30	57.20

**Analista:** Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

Atentamente,

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"



**Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo Flores**  
Jefe del Departamento de Química Agrícola

Final 25 Av. Norte, Ciudad Universitaria. Tel.: 2225-1506 y 2226-2043

**Figura A- 18.** Exámenes químicos a los tratamientos, harinas de lombriz y pescado

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### LISTA DE ACTIVIDADES DIARIAS A DESARROLLAR:

1. Recoger de la superficie de cada uno de los estanques los alevines muertos y desecharlos apropiadamente y anotar en el respectivo registro del día la mortalidad.
2. Recoger de los comederos el alimento ofrecido el día anterior que no haya sido consumido por los alevines, este sobrante se colocara en un plato bajo la luz del sol para que pierda la humedad.
3. Recoger cualquier suciedad, basura o material extraño de cada uno de los estanques.
4. 7:00 a.m.: colocar la primera ración de alimento en los comederos de cada tratamiento y alimentar los alevines al haber terminado efectivamente tal tarea anotarlo en el respectivo registro del día.
5. Recolectar con ayuda de un balde agua de cada estanque a través de sus grifos de desagüe.
6. El agua recolectada será depositada en el barril que se encuentra en el suelo (barril 1) hasta llenarlo completamente.
7. Bombear agua del barril 1 mediante la bomba EMA o mediante el método que el operador considere conveniente hacia los barriles 1 y 2 que se encuentran sobre la torre de hierro hasta que estos se encuentren totalmente llenos. (si esta actividad no se hubiera finalizado llegada la siguiente hora de alimentación se deberá suspender para priorizar la alimentación).
8. 10:00 a.m. : colocar la segunda ración de alimento en los comederos de cada tratamiento y alimentar los alevines al haber terminado efectivamente tal tarea anotarlo en el respectivo registro del día.
9. Continuar con la actividad de llenado de los barriles en caso no se haya finalizado previamente.
10. 1:00 p.m.: colocar la tercera ración de alimento en los comederos de cada tratamiento y alimentar los alevines al haber terminado efectivamente tal tarea anotarlo en el respectivo registro del día.

- 11.** 4:00 p.m.: colocar la tercera ración de alimento en los comederos de cada tratamiento y alimentar los alevines al haber terminado efectivamente tal tarea anotar en el respectivo registro del día.
- 12.** 4-5 p.m.: el alimento sobrante recolectado en la mañana y que ya deberá haber perdido humedad a este punto se retirara del plato y se colocara en el deposito respectivo para este único propósito y se pondrá en el estante.
- 13.** 5:00 p.m.: antes de retirarse se deberá dejar abierto el sistema de oxigenación por goteo verificando que todo se encuentre correctamente y que cada uno de los estanques reciba la cantidad suficiente de goteo; así como una revisión general para corroborar que todo se encuentra bien y anotar la hora de salida.

**Anexo 2.**

**Registro diario**

Fecha: \_\_\_\_\_

Encargado: \_\_\_\_\_ firma: \_\_\_\_\_

Hora de entrada: \_\_\_\_\_

Mortalidad del día:

<i>T<sub>0</sub></i>	<i>T<sub>1</sub></i>	<i>T<sub>2</sub></i>	<i>T<sub>3</sub></i>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Alimentación:

Cantidad por ración	hora	<i>T<sub>0</sub></i>	<i>T<sub>1</sub></i>	<i>T<sub>2</sub></i>	<i>T<sub>3</sub></i>
	7:00 a.m.				
	10:00 a.m.				
	1.00 p.m.				
	4.00 p.m.				

Comentarios adicionales:

---

---

---

---

---

Hora de salida: \_\_\_\_\_

### Anexo 3.

#### Registro de los días de muestreo

Evaluación de tres niveles de sustitución con harina de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) como fuente proteica en la alimentación de alevines de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*).

Fecha: \_\_\_\_\_ muestreo correspondiente a la semana: \_\_\_\_\_

Encargado: \_\_\_\_\_ firma: \_\_\_\_\_

Auxiliar: \_\_\_\_\_ firma: \_\_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_\_

Aspecto/ tratamiento	$T_0$	$T_1$	$T_2$	$T_3$
Mortalidad del día				
Temperatura				
PH				
Oxígeno disuelto				
Promedio talla (cm)				
Promedio peso (g)				
Total alimento sin consumir de la semana (g)				

## **Anexo 4**

### **Prueba del puño**

Esta es una prueba práctica para poder conocer a nivel del campo el porcentaje de humedad del sustrato de crianza de las lombrices en lombricultura; consiste en:

1. Tomar la cantidad de sustrato que alcance con el puño de la mano.
2. Se le aplica la fuerza normal de un brazo al sustrato
3. Se observa el resultado a continuación:
  - 3.1 si no existe goteo y al abrir la palma de la mano hay fragmentación o agrietamiento del sustrato indica carencia de humedad.
  - 3.2 Si escurren gotas significa que la humedad del sustrato está en un 80% aproximadamente lo cual es lo ideal.
  - 3.3 Si hay un goteo constante significa que hay un exceso de humedad lo que puede llegar ahogar a las lombrices.
4. Aplicar las medidas correctivas correspondientes:
  - 4.1. para la ausencia de humedad aplicar agua mediante un atomizador realizando volteos del sustrato para homogenizar y realizar la prueba del puño nuevamente.
  - 4.2. Para el exceso de humedad si es posible retirar de la cama cierta de cantidad de sustrato que no contenga lombrices y adicionar a la cama una cantidad equivalente de sustrato seco para equilibrar.