

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE ESTUDIO DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Efecto de la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), como alimento integro, sobre el desempeño productivo y económico en cranzas no intensivas

Línea de Investigación:
Producción y Bienestar Animal

Autor:
Vera Huanca, Santiago Jhon

Jurado Evaluador:

Presidente: Ortiz Tenorio, Luis Abraham

Secretario: Lozano Castro, Angélica Mery

Vocal: Rojas Paredes, Marco Antonio

Asesor:
Castillo Soto, Wilson Lino
Código Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8047-2993>

Trujillo – Perú
2023

Fecha de sustentación: 2023/07/27

“Efecto de la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), como alimento integro, sobre el desempeño productivo y económico en crianzas no intensivas

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	www.cires.org.ve Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
4	www.researchgate.net Fuente de Internet	2%
5	aquadocs.org Fuente de Internet	1%
6	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Wilson Lino Castillo Soto, docente del Programa de Estudio Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada "Efecto de la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), como alimento integro, sobre el desempeño productivo y económico en crianzas no intensivas", autor Santiago Jhon Vera Huanca, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 17%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el (10 de mayo de 2023).
- He revisado con detalle dicho reporte y la tesis, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Trujillo, 06 de setiembre de 2023

Asesor: Wilson Lino Castillo Soto

Autor: Santiago Jhon Vera Huanca

DNI: 22968030

DNI: 46432564

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8047-2993>

Firma:



Firma:



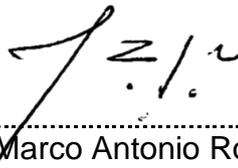
La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:



MV. Mg. Luis Abraham Ortiz Tenorio
PRESIDENTE



MV. Mg. Angélica Mery Lozano Castro
SECRETARIA



Ing. Mg. Marco Antonio Rojas Paredes
VOCAL



Ing. Dr. Wilson Lino Castillo Soto
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme por el buen camino.

A mi madre, María Huanca por haberme forjado como persona y ser un ejemplo de superación en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi Asesor, Ing. Dr. Wilson Lino Castillo Soto, por ser un gran amigo y principal colaborador durante todo este proceso, que con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Al Dr. Ciro Meléndez Tamayo, por el apoyo constante en la ejecución de la tesis y brindar el área para el desarrollo de la misma.

A mi jurado, por el interés, motivación, apoyo y crítica, necesarios para la realización de este trabajo. Un especial agradecimiento por este privilegio.

A mis amigos y familiares que siempre con una palabra de aliento están en presentes para seguir alcanzando mis metas.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA.....	4
III. MATERIALES Y MÉTODOS	8
IV. RESULTADOS.....	12
V. DISCUSION.....	15
VI. CONCLUSIONES.....	18
VII. RECOMENDACIONES	19
VIII.BIBLIOGRAFIA.....	20
IX. ANEXO.....	23

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la trucha arco iris (<i>Onchorhynchus mykiss</i>) en diferentes fases de crecimiento. ...	6
Cuadro 2. Comportamiento productivo de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los tres primeros meses (alevino y crecimiento).	12
Cuadro 3. Comportamiento productivo de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante el cuarto mes y el periodo total (crecimiento).	13
Cuadro 4. Beneficio económico y rentabilidad de la crianza de truchas, durante el periodo de crianza.	14

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Comportamiento del peso vivo de truchas en función del tipo de alimento, durante cuatro meses de edad.	13

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Ganancia de peso de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).	23
Anexo 2. Consumo de alimento de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).	24
Anexo 3. Conversión alimenticia de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).	25
Anexo 4. Índice de crecimiento de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).	26
Anexo 5. Procedimiento para la cría y producción de lombrices (<i>E. foetida</i>)	27

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) con lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) como alimento integro, sobre el comportamiento productivo y económico de la crianza, se realizó la presente investigación, con un total de 375 alevinos, localizado en el sector César Vallejo, distrito de Agallpampa, provincia de Otuzco, Región La Libertad. Los peces fueron distribuidos en 15 pozas rectangulares en las que recibieron uno de los tres alimentos: Lombriz de tierra como único alimento (AL), alimentación convencional a base de alimento balanceado (AB) y alimentación mixta (AB+ AL), la alimentación mixta fue estimada para que cada parte aporte el 50% de la materia seca requerida por los peces; el suministro de alimento fue realizado durante cuatro meses, con una tasa de alimentación (en materias seca) de 5% del peso de la biomasa, dividido en tres veces al día (8:0, 11:0, y 17:0 h); el abastecimiento de las lombrices fue de una crianza de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) previamente instalada, el alimento balanceado (AB) utilizado fue de nombre comercial Truchina (Purina). El suministro de agua a cada poza se realizó a través de una manguera de polietileno de 2", proveniente de una fuente natural y mediante un sistema de circulación abierta, el flujo fue regulado teniendo en cuenta la temperatura del agua, la concentración de oxígeno y la biomasa existente en el tanque.

Las lombrices de tierra (*E. foetida*), como único alimento o mezclada con alimento balanceado, generó en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), similares ganancias de peso, conversión alimenticia e índice de crecimiento a aquellas alimentadas con alimento balanceado.

Se concluye que la alimentación de truchas con lombriz de tierra conlleva a mayores beneficios económicos, influenciado por el menor precio de las lombrices frente al alimento balanceado comercial.

Palabras clave: acuicultura, trucha, lombriz, alimento, proteína.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the effect of feeding rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with earthworms (*Eisenia foetida*) as whole food, on the productive and economic behavior of the rearing, the present investigation was carried out, with a total of 375 fingerlings, located in the César Vallejo sector, Agallpampa district, Otuzco province, La Libertad Region. The fish were distributed in 15 rectangular pools in which they received one of the three foods: Earthworm as the only food (AL), conventional feeding based on balanced food (AB) and mixed feeding (AB+AL), the mixed feeding was estimated so that each part contributes 50% of the dry matter required by the fish; the food supply was carried out for four months, with a feeding rate (in dry matter) of 5% of the biomass weight, divided into three times a day (8:0, 11:0, and 17:0 h). ; The supply of the worms was from a previously installed earthworm (*Eisenia foetida*) breeding, the balanced food (AB) used was of the trade name Truchina (Purina). The water supply to each pool was carried out through a 2" polyethylene hose, coming from a natural source and through an open circulation system, the flow was regulated taking into account the water temperature, the oxygen concentration and the existing biomass in the tank.

Earthworms (*E. foetida*), as the only food or mixed with balanced feed, generated similar weight gains, feed conversion and growth rate in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to those fed balanced feed.

It is concluded that feeding trout with earthworms generates greater economic benefits, influenced by the lower price of worms compared to commercial balanced feed.

Keywords: aquaculture, trout, worm, food, protein

I. INTRODUCCION

La trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*, fue introducida al Perú hace más de 70 años, con la finalidad de repoblar las lagunas altoandinas, a partir de los cuales se originaron los primeros centros piscícolas en Cajamarca, Huancayo, Lima, Puno, Huánuco y Ancash (De la Oliva, 2011) y actualmente es la especie de mayor producción en el país. La crianza se realiza en estanques de tierra y en jaulas flotantes en diversos lagos, incluyendo el lago Titicaca y las lagunas altoandinas (Mendoza, 2011) usando tecnologías medias. La disponibilidad de agua de buena calidad, la oferta de alimentos balanceados, facilidad de la importación de semilla y la disponibilidad de recursos humanos capacitados, han posibilitado en cierta medida, aumento en la producción; sin embargo, los relaves mineros y la agricultura son fuentes de contaminación del agua en algunos lugares, imposibilitando el desarrollo de la crianza.

Sobre la producción de trucha arco iris, Chile es el primer productor a nivel mundial, seguido por EEUU de Norteamérica, el Perú con sus 14,250 t de trucha arco iris se ubica en el 12º lugar a nivel mundial y en 3ro a nivel de Latinoamérica y el caribe (Mendoza, 2011).

En el proceso productivo de las pisciculturas comerciales, el alimento para peces representa hasta un 60% de los costos de producción, estando el mayor costo reflejado en la harina de pescado, materia prima altamente proteica. Considerando que la proteína para los peces es uno de los nutrientes más importantes a considerar, se hace necesario tomar en cuenta las fuentes posibles de esta para ser usadas en las dietas.

La evolución del mercado interno ha ido en aumento de manera geométrica, de 947 t comercializadas en el año 2000, aumentó 15400 t, en el

año 2010, ello demuestra que los productos de acuicultura van ganando las preferencias de los consumidores peruanos. Para el año 2010, según Mendoza (2011), la trucha se encontró en el primer lugar de comercialización, con cerca de 12000 t (79.87 %), seguida de tilapia con 1400 t (9.23 %) y gamitana con 680 t (4.43 %); las proyecciones para el 2015 y 2018 se estimaron en 35000 y 55000 t, basado en la tasa de crecimiento de la última década.

La región la Libertad en el 2010, presentó una producción acuícola de 63.5 t, representando el 0.07 % de la producción nacional (Mendoza, 2011), demostrando que existe un gran potencial de recursos hídricos por ser explorados. Considerando que la trucha es un pez promisor, adaptado a la temperatura del agua de la sierra de nuestra región, es necesario desarrollar investigaciones que demuestren su crianza y producción bajo estas condiciones ambientales y geográficas.

Trabajos realizados sobre la digestibilidad y valor nutritivo de la harina de lombriz (Hilton, 1983; Tacon et al., 1983; Isea et al., 2008) y sobre su uso en la alimentación de peces (Stafford y Tacon, 1985; Pereira y Gomes, 1995, Mohanta et al., 2016) han demostrado resultados satisfactorios, siendo una buena alternativa como fuente de proteína animal para ser incluida en la dieta de peces carnívoros; sin embargo no se han encontrado reportes que evidencien la utilización de las lombrices como alimento vivo en truchas.

Es por ello que planteamos este trabajo para utilizar la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), como alimento natural, no procesado, en la crianza de truchas; buscando viabilizar la crianza a nivel de pequeños productores, los cuales aprovecharán el recurso hídrico de sus propiedades y mejorarán el uso de los residuos y excretas de sus animales para la cría y producción de lombrices.

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la alimentación de truchas con lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) como alimento integro, sobre el comportamiento productivo y económico de la crianza semi intensiva.

II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA

2.1. La trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*)

Es un pez salmónido introducido en el Perú, por sus cualidades y facilidades de manejo, constituye una actividad pecuaria rentable para los productores de las zonas alto andinas (De la Oliva, 2011); sin embargo, su desarrollo está limitado por el alto costo de la alimentación, que encarece a los costos de producción; además, el productor desconoce las necesidades nutritivas de esta especie. Al tener un hábito alimenticio carnívoro, la exigencia en proteína animal es alta, de calidad y de fácil digestión. Por sus características fisiológicas del pez, tiene poca capacidad de metabolizar carbohidratos, debido a que el páncreas secreta bajas cantidades de insulina y expresa una mínima actividad de enzima amilasa. Se ha demostrado que elevada concentración de carbohidratos en la dieta produce elevada cantidad de glucosa en la sangre, provocando mortalidad en las truchas.

2.2. Condiciones medioambientales de crianza

Truchas criadas bajo condiciones ambientales similares, la tasa de crecimiento a menudo varía ampliamente, se ha demostrado que los factores dieta, comportamiento alimentario, densidad de cría, oxígeno y la genética del pez son los principales influyentes en esta variación (Smith et al., 1988). Por otro lado, los factores ambientales, como temperatura y oxígeno, también tienen importante influencia sobre el crecimiento de las truchas. Blanco (1984) reportó que la trucha, en condiciones naturales, puede vivir entre 0 y 25° C; sin embargo, el rango entre los cuales los alevinos muestran su mejor desarrollo es de 10 a 12 °C y de 16 °C para los juveniles en crecimiento (De la Oliva, 2011). En cuanto al oxígeno,

concentraciones superiores a los 6 mg/L, son convenientes para garantizar un buen desarrollo (FONDEPES, 2014).

2.3. Requerimientos nutricionales y alimentación de las truchas

Los requerimientos nutricionales de las truchas han sido determinadas a través de investigaciones (NRC, 1993) y se muestran en el cuadro 1, considerándose que las proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales son grupos indispensables en la formulación de dietas. No obstante, la selección de la proteína a ser usada en raciones prácticas obedece más a una decisión económica (Alexis et al., 1986).

Al estudiar el efecto de la composición de las dietas y el nivel de proteínas sobre la tasa de crecimiento, composición corporal y otras características, Alexis et al. (1986), demostró que grupos con el mismo nivel de proteínas presentaban crecimientos diferentes, concluyendo que esta respuesta está relacionada con la fuente de proteína utilizada. Por otro lado, para la alimentación de peces carnívoros, Tacon (1994), refiere que se han estudiado una gran cantidad de fuentes proteicas buscando sustituir a la harina de pescado, concluyendo que solo algunas de estas fuentes muestran un verdadero potencial para la formulación de dietas para peces, entre ellas cita a las harinas preparadas a base de organismos unicelulares, sin embargo, tienen el inconveniente de disponibilidad limitada y costos elevados; por otro lado, las harinas de semillas como soya, algodón, girasol, lupino, entre otras, el principal inconveniente para la obtención de buenos resultados es que presentan una gran variabilidad en su calidad, generado por los métodos utilizados en el procesamiento y por la palatabilidad. De igual modo, las harinas procedentes de los subproductos del ganado (hígado, carne, carne y hueso, sangre), tienen limitada disponibilidad, calidad variable y además, están propensos a contaminación microbiana.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la trucha arco iris (*Onchorhynchus mykiss*) en diferentes fases de crecimiento.

Nivel de nutriente	Fase		
	Alevinos	Juveniles	Crecimiento
Proteína bruta, % min.	45.0	43.0	42.0
Amino ácidos, % de la dieta			
Arginina	2.0	2.0	2.0
Histidina	0.7	0.7	0.7
Isoleucina	0.8	0.8	0.8
Leucina	1.4	1.4	1.4
Lisina	1.8	1.8	1.8
Metionina	1.0	1.0	1.0
Fenilalanina	1.2	1.2	1.2
Treonina	0.8	0.8	0.8
Triptófano	0.2	0.2	0.2
Valina	1.3	1.3	1.3
Ácidos grasos esenciales, % min.			
20:4n-6	0.5	0.5	0.5
20:5n-3	1.0	1.0	1.0
22:6n-3	0.5	0.5	0.5
Carbohidratos, % máx.	12.0	12.0	12.0
Fibra cruda, % máx.	3.0	3.0	3.0
Energía Digestible, min kJ/g	15.5	15.5	15.5
Ratio Proteína: energía, mg/kJ	25.0	25.0	22.0
Minerales, %			
Calcio, máx.	1.00	1.00	1.00
Fosforo total, min.	0.70	0.60	0.60
Magnesio, min.	0.05	0.05	0.05
Sodio, min.	0.06	0.06	0.06

Adaptado de NRC (1993).

La sustitución de harina de pescado por harina de carne y hueso en dietas de truchas fue evaluada por Alvarado de Alizo (1995), concluyendo que a medida que disminuye la harina de pescado y aumenta la harina de carne y hueso, desciende el peso final, ganancia de peso y tasa específica de crecimiento. Estos resultados encontrados demuestran que existe dificultad para sustituir la harina de pescado por otras harinas.

2.4. Valor nutritivo de la lombriz como alimento para truchas

A través de los análisis químicos se ha determinado que la lombriz contiene 61.8, 11.3 y 8.7 % de proteínas, grasa y cenizas, respectivamente, expresado en materia seca (Tacon et al., 1983); contiene además, un buen perfil de aminoácidos esenciales (Salazar y Rojas, 1992), con la posible excepción de Lisina como el primer aminoácido limitante; así como también minerales (Vielma et al., 2007), lo cual infiere que podría ser utilizado como fuente proteica en la dieta de animales mono gástricos de hábitos carnívoros, como la trucha.

El análisis de la grasa o fracción lipídica contenida en la lombriz de tierra fue investigado por Vielma et al. (2003), encontrando elevada proporción de ácidos grasos insaturados entre los que se incluyen los ácidos grasos omega-3 (ácido linolénico) a niveles suficientes para satisfacer los requerimientos de la dieta de trucha arco iris.

Estudios realizados para evaluar el grado de aprovechamiento de los nutrientes contenidos en la harina de lombriz de tierra, como alimento para truchas, han demostrado valores de coeficientes de digestibilidad de la proteína de 95 % a partir de la lombriz *E. eugenige* (Hilton, 1983), de 94.31 % a partir de harina de lombriz *E. foetida* (Stafford y Tacon, 1985) y del 90 % en la harina de lombriz *E. andrei* (Isea et al., 2008), coeficientes considerados elevados en comparación con aquellos obtenidos por Pereira y Gomes (1995) y Tacon et al. (1983) que reportaron valores de digestibilidad proteica de 73.4 % y 83.99 % a partir de un 25% y un 34 %, respectivamente, de *E. foetida* incorporada en la dieta para trucha arco iris.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Lugar de ejecución

La fase de campo se realizó en un ambiente diseñado para experimentación, ubicado en la provincia de Otuzco, distrito de Agallpampa, sector César Vallejo, Fundo paraíso, a una altitud de 3300 msnm; esta es una zona apropiada para la crianza de trucha, el terreno cuenta con fuentes de agua de manantial y de quebrada, afluentes del río Motil. La fase de análisis de datos se realizó en la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo.

6.2. Animales

Se utilizaron 375 alevinos de trucha procedentes del criadero de Motil. Los alevinos fueron transportados en bolsas de polietileno, provistas de agua y oxígeno.

Los alevinos con peso promedio de 10.49 g fueron distribuidos en pozas rectangulares, donde permanecieron durante el experimento que comprendió la fase de alevinos y de crecimiento, aproximadamente 4 meses. Los peces fueron alojados con una densidad de 25 peces/poza.

6.3. Instalaciones

El ambiente donde se desarrolló la investigación estuvo cercado con postes de madera y malla Rachel. En este ambiente, por su naturaleza de ligera pendiente, se cavaron en el suelo, hoyos rectangulares y se colocaron 15 pozas rectangulares de Geomembrana de polietileno, en donde fueron distribuidas las unidades experimentales. El suministro de agua fue a través de una manguera de polietileno de 2", directamente a cada poza, captado de una fuente natural y

mediante un sistema de circulación abierta, con entrada y salida de agua. El flujo fue regulado teniendo en cuenta la temperatura del agua, la concentración de oxígeno y a la biomasa existente en el tanque.

6.4. Alimentación

Los peces recibieron dietas según el tratamiento asignado a cada poza, el suministro de alimento fue realizado considerando una tasa de alimentación (en materias seca) de 5% del peso de la biomasa, dividido en tres veces al día (8:0, 11:0, y 17:0 h), evitando el exceso de alimento en el tanque. El alimento balanceado (AB) utilizado fue de nombre comercial Truchina (Purina) con 44% de proteína y 15% de grasa, procesado mediante extrusión y formulado para atender a las necesidades de los peces en la etapa de desarrollo, según las recomendaciones establecidas por la NRC (1993).

6.5. Variable Independiente:

Se utilizó como variable a la Lombriz de tierra (*Eisenia foetida*).

6.6. Tratamientos:

En la investigación se evaluó el suministro de lombriz de tierra como único alimento (AL), frente a la alimentación convencional a base de alimento balanceado (AB) y a una alimentación mixta (AB+ AL). La alimentación mixta fue estimada para que cada parte aporte el 50% de la materia seca requerida por los peces.

Los tratamientos consistieron en la alimentación de las truchas

AB : Alimentación a base de alimento balanceado (testigo)

AL : Alimentación a base de lombrices

ABAL : Alimentación a base de alimento balanceado más lombrices

Para el abastecimiento de las lombrices, previo al inicio del experimento con las truchas, se instaló una crianza de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) siguiendo los procedimientos establecidos en la guía de lombricultura (Somarriba y Guzman, 2004) y que se detalla en el Anexo 5.

6.7. Variables Dependientes:

- Consumo diario de alimento (CDA, g)
- Ganancia diaria de peso (GDP, g)
- Conversión alimenticia (CA, g/g).
- Índice de crecimiento (g/cm)
- Beneficio económico (S/)

Consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia, fueron calculados a partir de los datos de peso vivo y consumo de alimento que se registraron mensualmente; el índice de crecimiento se determinó a partir de la ganancia de peso y de la talla de los peces, evaluado mensualmente.

El beneficio económico fue evaluado mediante el beneficio neto y el porcentaje de rentabilidad económica mediante la siguiente fórmula:

$$BN_j = PY_j - (CV_j + CF_j),$$

Donde:

BN_j = Beneficio neto por pez (S/.)

j = Tratamiento

P = Precio por kg de pez (S/.)

Y_j = Peso final del pez (kg)

CV_j = Costo del alimento por pez (S/.)

CF_j = Costo fijo por pez (S/.)

6.7.1. Manejo de los tanques y control de la calidad del agua

Los tanques fueron revisados diariamente, y sifonados para mantener una adecuada calidad del agua. Semanalmente fueron monitoreados la temperatura del agua y, oxígeno disuelto mediante un Kit de determinación, durante el período experimental, según las recomendaciones de Boyd y Tucker (1998).

6.8. Análisis Estadístico:

Los alevinos fueron distribuidos en los tanques, utilizando un diseño completo al azar (DCA), con tres tratamientos y cinco repeticiones; cada unidad experimental estuvo compuesta por 25 alevinos en la fase de inicio.

Los resultados de cada variable evaluada, se analizaron mediante el análisis de variancia y los promedios fueron comparados por la prueba de Tukey, usando el programa estadístico Infostat. El modelo matemático fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Observación cualquiera, que corresponde al i-ésimo tratamiento.

μ = Media general o media poblacional

T_i = Efecto del tipo de alimentación

E_{ij} = Error Experimental.

IV. RESULTADOS

4.1. Comportamiento productivo

Los resultados de ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de crecimiento de truchas que recibieron diferentes tipos de alimento se muestran en los cuadros 2 y 3, donde se observa que peces que recibieron alimento solo a base de lombriz de tierra o combinado con alimento balanceado no mostraron diferencias significativas ($P>0.05$) en ninguna de las variables en relación a aquellos que fueron alimentados con alimento balanceado comercial.

Cuadro 2. Comportamiento productivo de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los tres primeros meses (alevino y crecimiento).

Periodo evaluado/ Alimento ¹	Variables ²			
	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia	Índice de crecimiento (g/cm)
Mes 1				
L	9.40	15.70	1.68	2.69
AB	9.80	15.60	1.60	2.72
ABAL	9.80	15.90	1.63	2.46
Valor de P ³	0.44	0.72	0.68	0.57
Mes 2				
L	23.53	30.79	1.31	7.82
AB	23.20	31.31	1.35	6.70
ABAL	23.00	31.62	1.38	8.12
Valor de P ³	0.74	0.23	0.25	0.14
Mes 3				
L	42.00	67.27	1.60	8.22
AB	43.60	67.27	1.54	8.54
ABAL	42.27	67.27	1.60	8.18
Valor de P ³	0.31	1.00	0.58	0.63

¹ Alimento: L= Alimento a base de Lombriz de tierra (*E. Foetida*); AB= alimento balanceado; ABL= Alimento balanceado más Lombriz de tierra.

² En cada variable, los valores corresponden a todo el periodo evaluado

³ Valor de P, determinado de acuerdo al análisis de variancia.

Cuadro 3. Comportamiento productivo de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante el cuarto mes y el periodo total (crecimiento).

Periodo evaluado/ Alimento ¹	Variables ²			
	Ganancia de peso (g)	Consumo de alimento (g)	Conversión alimenticia	Índice de crecimiento (g/cm)
Mes 4				
L	130.60	181.48	1.39	33.84
AB	130.07	184.88	1.42	42.61
ABAL	130.20	182.04	1.40	36.59
Valor de P ³	0.83	0.25	0.48	0.07
Periodo total				
L	205.53	295.24	1.44	13.21
AB	206.67	299.06	1.45	13.36
ABAL	205.27	296.83	1.45	13.05
Valor de P ³	0.98	0.50	0.58	0.64

¹ Alimento: L= Alimento a base de Lombriz de tierra (*E. Foetida*); AB= alimento balanceado; ABAL= Alimento balanceado más Lombriz de tierra.

² En cada variable, los valores corresponden a todo el periodo evaluado

³ Valor de P, determinado de acuerdo al análisis de variancia.

Los pesos vivos de las truchas se observan en la figura 1, apreciándose un crecimiento uniforme con los tres tipos de alimento.

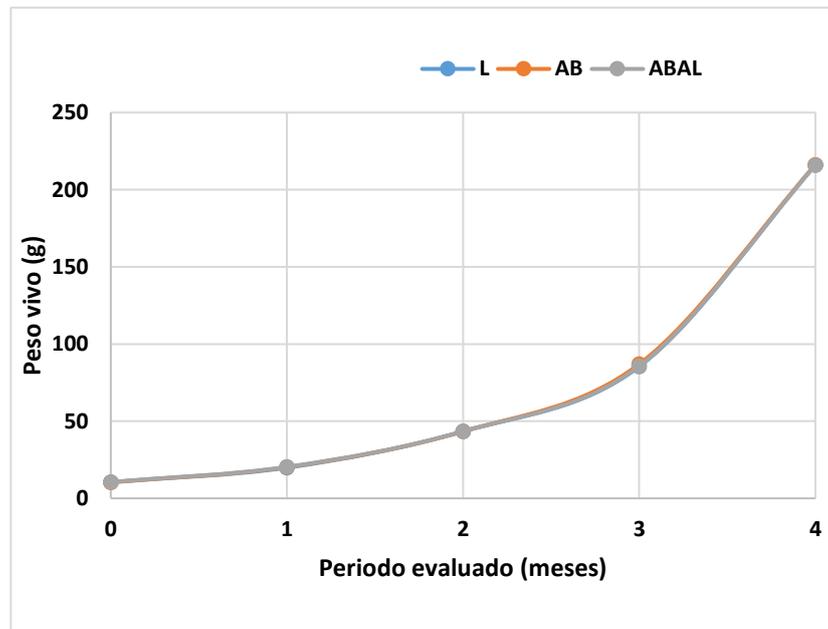


Figura 1. Comportamiento del peso vivo de truchas en función del tipo de alimento, durante cuatro meses de edad.

4.2. Beneficio económico

El beneficio económico evaluado en la crianza de truchas con diferentes tipos de alimento se muestra en el cuadro 3, donde se observa que el costo de alimentación de acuerdo al tipo de alimento influyó directamente en el beneficio económico y en la rentabilidad.

Cuadro 4. Beneficio económico y rentabilidad de la crianza de truchas, durante el periodo de crianza.

Variables de costos	Alimento ¹		
	L	AB	ABAL
Egresos por animal			
Costo de alimentación por pez (S/)	0.59	1.79	1.19
Precio del pez de 15 días (S/)	0.75	0.75	0.75
Otros gastos, 30 % ² (S/)	0.25	0.77	0.51
Costo Total del pez (S/)	1.59	3.31	2.45
Ingresos por animal			
Peso del pez (g)	205.53	206.67	205.27
Precio de venta por kg de pez (S/)	20.00	20.00	20.00
Ingresos por venta del pez (S/)	4.11	4.13	4.11
Beneficio (S/)	2.52	0.82	1.66
Rentabilidad (%)	157.95	24.75	67.83

¹ Alimento: L= Alimento a base de Lombriz de tierra (*E. Foetida*); AB= alimento balanceado; ABL= Alimento balanceado más Lombriz de tierra.

² Se considera que el costo de alimentación es el 70% del costo de producción (Lasner et al., 2017).

V. DISCUSION

En cuanto a la calidad del agua, durante el experimento se registró una temperatura promedio de 15.5 °C y 7.5 mg/L de oxígeno disuelto, lo cual nos conlleva a afirmar que se generaron condiciones en las cuales los peces no se vieron afectados por estos parámetros, ya que se encontraron dentro de los valores recomendados (menor a 16 °C de temperatura y mayor a 6mg/L de oxígeno disuelto). De la Oliva (2011) reportaron que la trucha arco iris no tiene capacidad para regular su temperatura corporal, dependiendo totalmente del medio acuático en el que vive, generando influencia directa en la actividad metabólica del pez y en su ritmo de crecimiento; de igual manera, la temperatura influye indirectamente sobre la concentración de oxígeno disuelto en el agua, mayores temperaturas generan menor concentración de oxígeno disuelto (FONDEPES, 2014). Por otro lado, la trucha tiene dificultades para extraer el oxígeno del agua y transportarlo a través de sus branquias y transferirlo a la sangre; deficiencia de oxígeno en el organismo conllevará a la presentación de signos de asfixia.

Según los resultados obtenidos en el comportamiento productivo de las truchas (ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia e índice de crecimiento), al no mostrar diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tipos de alimento ofrecido, se demostró que la alimentación con lombrices de la especie *E. foetida* a las truchas, como único alimento o combinado con alimento balanceado, genera una respuesta productiva tan igual que la que se obtiene cuando consumen solo alimento balanceado.

Resultados similares obtenidos en peces alimentados con lombrices en relación a aquellos que recibieron alimento balanceado, se debería al elevado valor nutritivo que tiene la lombriz, con valores de proteína bruta de 61.8% y

11.3% de grasa (Tacon et al., 1983), un buen perfil de aminoácidos esenciales (Salazar y Rojas, 1992) y, coeficientes de digestibilidad de la proteína superiores a 90% (Stafford y Tacon, 1985; Isea et al., 2008), demostrando que la fuente de aminoácidos y de energía se encuentra en este alimento.

Considerando que la Trucha arco iris es un pez de hábito carnívoro, en su hábitat natural se alimenta de zooplancton, crustáceos y peces pequeños (Hardy 2002), los mismos que al ser ingeridos y digeridos, los nutrientes que les proveen principalmente son proteína y ácidos grasos; la trucha por su parte, tiene sus procesos metabólicos adaptados para generar glucosa y energía a partir de estos nutrientes (Wu, 2018); por el contrario, bajo condiciones de granja, la alimentación se vuelve dependiente de alimento externo, un alimento balanceado formulado y preparado con insumos proteicos en el que se incorpora insumos de origen vegetal, inevitablemente contendrá carbohidratos amiláceos (que difícilmente son digeridos y metabolizados por la trucha) y carbohidratos estructurales que no son aprovechados por los peces (Stone, 2003). En consecuencia, la alimentación de truchas a base de lombrices de la especie *E. foetida*, significa una alimentación cercana a la natural con mejor aprovechamiento de nutrientes.

Conversiones alimenticias e índices de crecimiento obtenidas con la alimentación a base de lombrices, alimento balanceado y la mezcla de ambos, indicarían un buen aprovechamiento de nutrientes por parte de los peces. Valores de conversión, a los dos meses, de 1.35 obtenidas en peces que consumieron alimento balanceado fueron similares a las conversiones reportadas por Morales y Quirós (2007) en truchas de similar edad y alimentadas con alimento balanceado ofrecido ad libitum. Lo cual indica que tanto el alimento balanceado como las lombrices y la mezcla de ambos, así como la tasa de alimentación empleada, cubrieron los requerimientos nutricionales de los peces, reportada por la NRC (1993), para esta etapa de crecimiento.

El beneficio económico y la rentabilidad determinado en la crianza de truchas con diferentes tipos de alimento (cuadro 4), se muestra favorable a los tratamientos en los que se utilizó lombrices como alimento seguido de los peces que recibieron lombrices más alimento balanceado; este mayor beneficio se debe al menor costo de alimentación, se ha determinado que el costo de producción de 1 kg de lombrices representa el 33.3 % del alimento balanceado, repercutiendo directamente en el costo de producción de las truchas. Como se ha planteado en el presente trabajo, en crianzas no intensivas y en crianzas de pequeño porte, el costo de alimento balanceado es un impedimento, por el desembolso que debe realizar el pequeño productor y que en muchos casos no compensa con los índices productivos que obtiene, desmotivando la actividad; mostrándose la alimentación a base de lombrices como una alternativa viable.

VI. CONCLUSIONES

- Las lombrices de tierra (*E. foetida*), como único alimento o mezclada con alimento balanceado, genera en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), similares ganancias de peso, conversión alimenticia e índice de crecimiento a aquellas alimentadas con alimento balanceado comercial.
- El beneficio económico y la rentabilidad de la crianza de trucha arco iris alimentadas con lombriz de tierra supera a las alimentadas con alimento balanceado comercial.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de investigación incorporando mayores tasas de alimentación, considerando la forma de presentación y humedad del alimento (lombrices), las truchas mostraron mayor facilidad de consumos.
- Promover la capacitación en la crianza de lombrices a pequeños productores para que realicen la crianza de truchas en sistemas no intensivos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alexis, M., Theochari, V. y Papaparaskevapapoutsoglou, E. 1986. Effect of diet Composition and protein level on growth, body composition haematological characteristics and cost of production of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*. 58:75-85.
- Alvarado de Alizo, H. 1995. Sustitución de la harina de pescado por harina de carne y hueso en alimentos para trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss*. *Zoot. Trop.* 1995; 13(2):233-243.
- Blanco, M.C. 1984. La trucha. Cría Industrial. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid-España, 238p.
- Boyd, C. E. y Tucker, C. S. 1998. Pond water quality management. Boston: Kluwer Academic. 700 p.
- De la Oliva, G. 2011. Manual de buenas prácticas de producción acuícola en el cultivo de trucha Arco iris. Cámara de Comercio de Huancayo. Huancayo. 62 p.
- FAO. 2014. Manual práctico para el cultivo de la trucha arco iris. FAO, Guatemala. 44 p.
- FONDEPES. 2014. Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. Ministerio de la Producción; Lima, Perú. 86 p.
- Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster, C.D., Lim, C.E. (Eds.), Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, p. 184-202.
- Hilton, J. W. 1983. Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. *Aquaculture*. 32: 277-283.
- Isea, F., Blé, C., Medina, A., Aguirre, P., Bianchi, G. y Kaushik, S. 2008. Estudio de digestibilidad aparente de la harina de lombriz (*Eisenia andrei*) en la

- alimentación de trucha arco iris (*Onchorinchus mykiss*). Rev. Chil. Nutr. 35(1):62-68.
- Lasner, T., Brinker, A., Nielsen, R., Rad, F., 2017. Establishing a benchmarking for fish farming - Profitability, productivity and energy efficiency of German, Danish and Turkish rainbow trout grow-out systems. Aquacult. Res., 48(6):3134-3148.
- Mendoza, D. 2011. Informe: Panorama de la acuicultura mundial, en América Latina y el Caribe y en el Perú. Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 66 p.
- Ministerio de la producción. 2009. Plan nacional de desarrollo acuícola. Dirección General de Acuicultura. Lima. 89 p.
- Mohanta, K., Subramanian, S. y Korikanthimath, V. 2016. Potential of earthworm (*Eisenia foetida*) as dietary protein source for rohu (*Labeo rohita*) advanced fry. Cogent Food & Agriculture 2: 1138594.
- Morales, G. y Quirós, R. 2007. Desempeño productivo de la trucha arco iris en jaulas bajo diferentes estrategias de alimentación. Arch. Lat. de Prod. Anim. 15(4): 119-127.
- NRC (National Research Council). 1993. Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington D.C., USA. 114 p.
- Pereira, J. y Gomes, F. 1995. Growth of rainbow trout fed a diet supplemented with earthworms, after chemical treatment. Aquaculture International. 3: 36-42.
- Salazar, E., y Rojas, C. 1992. Conferencias Curso fundamental de lombricultura. Aspectos Generales- Teoría. Asociación Colombiana de lombricultores, Asolombriz. Grupo Corpo Andes Mérida. Venezuela. p. 88.
- Smith, R., Kincaid, H., Regenstein, J. y Rumsey, G. 1988. Growth, carcass composition and taste of rainbow trout of different strains fed diets containing primarily plant or animal protein. Aquaculture. 70:309-321.

- Somarriba, R. y Guzmán, F. 2004. Guía de lombricultura. Serie técnica N° 4. Universidad Nacional Agraria la Molina. 20 p.
- Stafford, E.A., Tacon, A.G. 1985. The nutritional evaluation of dried earthworm meal (*Eisenia foetida*, Savigny, 1828) included at low levels in production diets for *Rainbow trout*, *Salmo gairdneri* Richardson. *Aquaculture Fisheries Management*. 16: 213-222.
- Stone, D. 2003. Dietary Carbohydrate Utilization by Fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(4):337-369.
- Tacon, A.G. 1994. Feed ingredients for carnivorous fish species alternatives to fishmeal and other fishery resources. FAO Fisheries. Circular No 881.
- Tacon, A.G., Stafford, E. A. y Edwards, C. A. A. 1983. Preliminary investigation of the nutritive value of three terrestrial lumbricid worms for rainbow trout. *Aquaculture*. 35: 187- 199.
- Vielma, R., Carrero, P., Rondón, C., Medina A. 2007. Comparación del contenido de minerales y elementos trazas en la harina de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) utilizando dos métodos de secado. *Saber*, Universidad de Oriente, Venezuela.;19(1):25-29.
- Vielma, R., Usubillaga, A., Medina, A. L. 2003. Estudio preliminar de los niveles de ácidos grasos de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. *Rev Fac Farmacia*. 45(2):39-44.
- Wu, G. 2018. Principles of animal nutrition. CRC Press, Florida, EEUU. 772 p.

IX. ANEXO

Anexo 1. Ganancia de peso de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).

Alimento ¹	Ganancia de peso (g/mes)				Total del periodo
	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	
L	9.33	23.00	44.67	125.33	202.33
L	9.33	23.33	43.00	131.33	207.00
L	9.67	23.67	40.33	129.67	203.33
L	8.67	24.33	40.33	133.33	206.67
L	10.00	23.33	41.67	133.33	208.33
Promedio	9.40	23.53	42.00	130.60	205.53
AB	9.67	21.67	43.33	127.67	202.33
AB	9.67	22.00	44.00	132.00	207.67
AB	9.67	24.33	43.33	132.33	209.67
AB	11.00	24.00	43.00	131.67	209.67
AB	9.00	24.00	44.33	126.67	204.00
Promedio	9.80	23.20	43.60	130.07	206.67
ABAL	9.33	23.33	45.00	123.00	200.67
ABAL	9.67	21.00	44.00	132.33	207.00
ABAL	9.67	23.67	41.00	132.00	206.33
ABAL	10.33	22.67	41.67	131.67	206.33
ABAL	10.00	24.33	39.67	132.00	206.00
Promedio	9.80	23.00	42.27	130.20	205.27

¹ Alimento: L= Alimento a base de Lombriz de tierra (*E. Foetida*); AB= alimento balanceado; ABL= Alimento balanceado más Lombriz de tierra.

Anexo 2. Consumo de alimento de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).

Alimento ¹	Consumo de alimento (g/mes)				Total del periodo
	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	
L	15.50	30.48	66.13	185.58	297.70
L	16.50	31.52	67.68	184.17	299.87
L	15.50	31.00	67.68	178.50	292.68
L	16.00	29.97	67.68	178.50	292.15
L	15.00	31.00	67.17	180.63	293.79
Promedio	15.70	30.79	67.27	181.48	295.24
AB	15.50	31.00	64.58	180.63	291.71
AB	15.00	30.48	64.58	182.04	292.11
AB	16.50	32.03	69.75	187.71	305.99
AB	15.00	32.55	69.75	187.00	304.30
AB	16.00	30.48	67.68	187.00	301.17
Promedio	15.60	31.31	67.27	184.88	299.06
ABAL	16.00	31.00	67.17	187.71	301.88
ABAL	16.00	31.52	64.07	181.33	292.92
ABAL	16.00	31.52	68.20	180.63	296.34
ABAL	15.00	31.52	66.65	179.92	293.08
ABAL	16.50	32.55	70.27	180.63	299.94
Promedio	15.90	31.62	67.27	182.04	296.83

¹ Alimento: L= Alimento a base de Lombriz de tierra (*E. Foetida*); AB= alimento balanceado; ABL= Alimento balanceado más Lombriz de tierra.

Anexo 3. Conversión alimenticia de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).

Alimento ¹	Conversión alimenticia (g/g)				Total del periodo
	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	
L	1.66	1.33	1.48	1.48	1.47
L	1.77	1.35	1.57	1.40	1.45
L	1.60	1.31	1.68	1.38	1.44
L	1.85	1.23	1.68	1.34	1.41
L	1.50	1.33	1.61	1.35	1.41
Promedio	1.68	1.31	1.60	1.39	1.44
AB	1.60	1.43	1.49	1.41	1.44
AB	1.55	1.39	1.47	1.38	1.41
AB	1.71	1.32	1.61	1.42	1.46
AB	1.36	1.36	1.62	1.42	1.45
AB	1.78	1.27	1.53	1.48	1.48
Promedio	1.60	1.35	1.54	1.42	1.45
ABAL	1.71	1.33	1.49	1.53	1.50
ABAL	1.66	1.50	1.46	1.37	1.42
ABAL	1.66	1.33	1.66	1.37	1.44
ABAL	1.45	1.39	1.60	1.37	1.42
ABAL	1.65	1.34	1.77	1.37	1.46
Promedio	1.63	1.38	1.60	1.40	1.45

¹ Alimento: L= Alimento a base de Lombriz de tierra (*E. Foetida*); AB= alimento balanceado; ABL= Alimento balanceado más Lombriz de tierra.

Anexo 4. Índice de crecimiento de truchas de acuerdo al tipo de alimento ofrecido, durante los cuatro meses de evaluación (alevino y crecimiento).

Alimento ¹	Índice de crecimiento (g/cm)				Total del periodo
	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	
L	2.43	6.76	9.57	31.33	12.73
L	2.86	8.24	7.82	35.82	13.56
L	2.71	7.89	7.56	35.36	13.06
L	2.28	9.12	8.07	33.33	13.36
L	3.19	7.07	8.06	33.33	13.35
Promedio	2.69	7.82	8.22	33.84	13.21
AB	2.46	6.84	7.65	46.13	12.81
AB	2.96	5.41	8.25	56.57	13.84
AB	2.59	7.68	8.97	39.70	13.92
AB	3.14	6.00	8.32	37.62	12.97
AB	2.43	7.58	9.50	33.04	13.28
Promedio	2.72	6.70	8.54	42.61	13.36
ABAL	2.59	8.75	8.44	36.90	13.44
ABAL	1.58	7.41	8.52	39.70	11.87
ABAL	2.52	8.35	7.94	36.00	13.31
ABAL	3.01	6.36	8.06	35.91	13.03
ABAL	2.61	9.73	7.93	34.43	13.58
Promedio	2.46	8.12	8.18	36.59	13.05

¹ Alimento: L= Alimento a base de Lombriz de tierra (*E. Foetida*); AB= alimento balanceado; ABL= Alimento balanceado más Lombriz de tierra.

Anexo 5. Procedimiento para la cría y producción de lombrices (*E. foetida*),

Resumido de la guía de lombricultura (Somarriba y Guzman, 2004)

Las lombriceras son espacios donde se crían y alimentan a las lombrices hasta el tiempo de cosecha, periodo que dura un mes. Estos espacios consisten en la creación de tres pozas de formas rectangulares, de un ancho de 50cm por 40cm de alto y largo aproximado de 10 m.

Una vez construidas las pozas, se creó dentro de ellas un ambiente adecuado para las lombrices, para ello se colocó en la base de la lombricera un plástico para que no puedan escapar y sobre este agregamos una capa de tierra de 10 cm.

En cada poza se agregó 50 carretilladas de residuo orgánico (Estiércol de vaca estabilizado) y se esparció uniformemente en toda el área de la lombricera, sobre esta superficie se colocó las lombrices. La cantidad promedio para el inicio de la crianza en cada lombricera fue de 2 kg de lombrices por poza y, para proteger de los rayos del sol se cubrió con paja recogida del campo. En los días siguientes, las pozas eran humedecidas uniformemente con un aspersor, por un tiempo de 5 minutos.

Para alimentar a las lombrices en los meses siguientes, el estiércol de vaca fue almacenado al costado de las lombriceras, para lograr la estabilización del estiércol, se procedió a humedecer de manera uniforme con el aspersor, todos los días durante dos semanas. Transcurrido este tiempo se extraía el estiércol descompuesto y se distribuía en las pozas.

La primera cosecha de lombriz desde que se inició la crianza, fue a los 30 días, después de ello, la cosecha se realizaba diariamente. Se levantaba la paja junto con el humus y se podía observar las lombrices, las mismas que eran extraídas y pesadas, para luego alimentar a las truchas.