



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA ZOOTECNIA

“EVALUACION DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor*) EN LA ALIMENTACION DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*) EN LA ETAPA DE ALEVINAJE”

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTOR:

JESSENIA ESTEFANIA CHAMORRO USCA

Riobamba – Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA ZOOTECNIA

“EVALUACION DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor*) EN LA ALIMENTACION DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*) EN LA ETAPA DE ALEVINAJE”

Trabajo de Titulación

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA ZOOTECNISTA

AUTOR: JESSENIA ESTEFANIA CHAMORRO USCA

DIRECTOR: Ing. MARITZA LUCIA VACA CARDENAS, MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

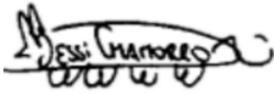
© 2021, **JESSENIA ESTEFANÍA CHAMORRO USCA**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, **JESSENIA ESTEFANÍA CHAMORRO USCA**, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 de diciembre del 2021.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jessenia Chamorro Usca', with a stylized flourish at the end.

Jessenia Estefanía Chamorro Usca

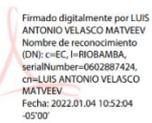
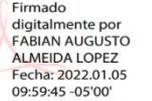
CC: 1600669152

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA ZOOTECNIA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de Titulación: Tipo: Trabajo Experimental “**EVALUACION DE DIFERENTES NIVELES DE HARINA DE LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor*) EN LA ALIMENTACION DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis sp*) EN LA ETAPA DE ALEVINAJE**”, realizado por la señorita: **JESSENIA ESTEFANÍA CHAMORRO USCA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Luis Antonio Velasco Matveev, MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	LUIS ANTONIO VELASCO MATVEEV  <small>Firmado digitalmente por LUIS ANTONIO VELASCO MATVEEV Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=ROBAMBA, serialNumber=0602887424, cn=LUIS ANTONIO VELASCO MATVEEV Fecha: 2022.01.04 10:52:04 -05'00'</small>	04-01-2022
Ing. Maritza Lucia Vaca Cárdenas, MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 <small>Firmado electrónicamente por: MARITZA LUCIA VACA CARDENAS</small>	04-01-2022
Ing. Fabián Augusto Almeida López, MSc. MIEMBRO DE TRIBUNAL	FABIAN AUGUSTO ALMEIDA LOPEZ  <small>Firmado digitalmente por FABIAN AUGUSTO ALMEIDA LOPEZ Fecha: 2022.01.05 09:59:45 -05'00'</small>	04-01-2022

DEDICATORIA

Sin duda pienso que esta es la manera más humilde de dedicarles este logro alcanzado. MAMÁ Y PAPÁ, ustedes me han forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluyo este.

Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Gracias por ser la luz en los momentos oscuros, la esperanza en mis malos momentos y el coraje cuando el miedo me superaba.

Quiero formar en sus rostros muchas sonrisas más, y aunque no ha sido sencillo el camino hasta hoy, estoy segura que, con su inmenso amor, su bondad y apoyo lograre conseguir hasta lo más imposible que me plantee, porque no hay mejor regalo que me hayan podido dar que creer en mí.

Estefanía Chamorro

AGRADECIMIENTO

A lo largo de mi vida universitaria he conocido personas, y muchas se han ganado un lugar especial en mi corazón. En honor a esas personas les quiero agradecer con una enorme gratitud, donde muestro mis más sinceras gracias hacia aquellos que me ayudaron y me compartieron un pedacito de su felicidad.

Primeramente, agradecida con Dios porque cada día brindó fortaleza a mi vida en la distancia de mi hogar, de mis padres, mi familia y mis amigos y en la soledad de mi vida estudiantil, le agradezco por todo lo que me otorgo con su amor incondicional.

Infinitamente agradecida por el apoyo emocional, espiritual y económico de mis padres, que en ningún momento dudaron de mis capacidades y me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi carrera universitaria. Muchas veces caí, muchas veces me derrumbe, pero gracias a ustedes, a su sabiduría, sus consejos y sobre todo su paciencia y amor he logrado dar un paso importante en mi vida. Los amo eternamente y estaré todos los días de mi vida agradecida por los miles de sacrificios que hicieron por mí para el día de hoy poder pagarles con un pedacito de la inmensa felicidad que estoy sintiendo gracias a ustedes. El tiempo de mi ausencia tuve la tranquilidad de saber que mis hermanos Martha, Marcelo, Carlos Daniel y Carlos estuvieron al pendiente de mis padres, cuidándolos y llenando con amor ese vacío que dejaba mi distancia, por todo aquello y muchas razones más les agradezco infinitamente hermanos queridos.

Finalmente, quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, a la Facultad de Ciencias Pecuarias que conjunto con sus docentes me formaron no solo profesionalmente sino también como un ser humano útil para la sociedad con valores y principios.

Estefanía Chamorro

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1. Origen de la tilapia	2
1.2. Generalidades de la Tilapia (<i>Oreochromis sp</i>)	2
1.3. Clasificación taxonómica de la tilapia.....	3
1.4. Alevines de tilapia.....	4
1.5. Especies de tilapias	4
1.6. Cultivo de tilapia	5
1.7. Tilapia en Ecuador	6
1.8. Parámetros físico químicos del agua óptimos para el cultivo de tilapia	6
1.9. Alimentación de las tilapias	8
1.10. Harina de lenteja de agua	9
1.11. Características botánicas y composición química de la Lemna	9
1.12. Composición química y digestibilidad	11
1.13. Empleo en la alimentación animal	11
1.14. Nutrición de la tilapia en un entorno sostenible	13
1.15. Estrategias para la utilización de la harina de Lemna sp. en dietas para tilapia	14
1.15.1. <i>Las plantas son cultivadas por separado, cosechadas y por último proporcionadas a los peces.....</i>	14
1.15.2. <i>Cultivo de peces y Lemnas en el mismo estanque</i>	14
1.15.3. <i>Inclusión en el alimento balanceado.....</i>	15
1.15.4. <i>La cuarta estrategia plantea la posibilidad de procesar las macrófitas acuáticas en forma de ensilado</i>	15
1.15.5. <i>Antecedentes de la Harina de lenteja de agua</i>	15

CAPÍTULO II	18
2. MARCO METODOLÓGICO	18
2.1. Localización y duración del experimento	18
2.2. Unidades experimentales	18
2.3. Materiales, equipos e insumos	19
2.3.1. <i>Materiales</i>	19
2.3.2. <i>Equipos de laboratorio</i>	19
2.4. Tratamientos y diseño experimental	19
2.5. Análisis estadísticos y pruebas de significancia	20
2.6. Mediciones experimentales	21
2.7. Procedimiento experimental	21
2.8. Metodología de la investigación.....	22
2.8.1. <i>Peso inicial, gr</i>	22
2.8.2. <i>Peso final, gr</i>	22
2.8.3. <i>Ganancia de peso, gr</i>	22
2.8.4. <i>Consumo de alimento Kg/MS</i>	22
2.8.5. <i>Conversión alimenticia</i>	23
2.8.6. <i>Mortalidad, %</i>	23
2.8.7. <i>Evolución talla, cm</i>	23
2.8.8. <i>Beneficio costo, \$</i>	23
CAPÍTULO III.....	24
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
3.1. Utilización de diferentes niveles de harina de Lemna (15, 20 y 25 %) frente a un tratamiento testigo (0%) en la alimentación de tilapias en la etapa de alevinaje.....	24
3.1.1. <i>Peso inicial, gramos</i>	24
3.1.2. <i>Peso final, gramos</i>	24
3.1.3. <i>Ganancia de peso, gramos</i>	27
3.1.4. <i>Consumo de alimento</i>	28
3.1.5. <i>Conversión alimenticia</i>	29
3.1.6. <i>Mortalidad, porcentaje</i>	30
3.1.7. <i>Evolución de la talla, centímetros</i>	30

3.2.	Identificar la rentabilidad en cada tipo de tratamiento a través del indicador beneficio/costo.	31
3.2.1.	<i>Beneficio /Costo</i>	31
	CONCLUSIONES.....	33
	RECOMENDACIONES	34
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica de la tilapia roja	3
Tabla 2-1:	Condiciones óptimas medio ambientales para la producción de tilapia gris y roja.	6
Tabla 3-1:	Parámetros físico – químico del agua.....	8
Tabla 4-1:	Diferentes tipos de Lemna	10
Tabla 5-2:	Condiciones meteorológicas	18
Tabla 6-2:	Esquema del experimento	20
Tabla 7-2:	Esquema del ADEVA.....	20
Tabla 8-3:	“Evaluación de diferentes niveles de Harina De Lenteja De Agua (Lemna Minor) en la alimentación de Tilapia Roja (Oreochromis Sp) en la etapa de alevinaje”..	25
Tabla 9-3:	Egresos	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico 1-3: Dinámica del peso final en gramos de los alevines de tilapia roja de 75 días de edad como efecto de la aplicación de diferentes niveles (15%, 20% y 25%) de Harina de lenteja de agua.	26
Grafico 2-3: Curva de la regresión ajustada para el peso de los alevines de tilapia roja <i>Oreochromis sp.</i> como efecto de la aplicación de diferentes niveles de harina de Lemna.	27
Gráfico 3-3: Beneficio / Costo	32

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PESO INICIAL (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO B:** PESO FINAL (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO C:** GANANCIA DE PESO (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO D:** CONSUMO ALIMENTO (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO E:** CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO F:** NÚMERO FINAL DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO G:** MORTALIDAD (%) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO H:** TALLA INICIAL (CM) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO I:** TALLA FINAL (CM) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)
- ANEXO J:** EVALUACIÓN DE TALLA (CM) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)

RESUMEN

El objetivo de estudio fue evaluar diferentes niveles (T2 = 15%, T3 = 20%, T4 = 25%), de harina de lenteja de agua (*Lemna minor*) en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la etapa de alevinaje, comparadas a una dieta control (T1 = 0% de H.L) alimentados con dietas balanceadas (38% PB) durante 75 días. Se utilizaron 320 alevines (0.59 cm. y 1,55 g) que fueron colocados en grupos de 20 individuos en 16 estanques de 0.70 m³ de agua. Los alevines fueron sometidos a una fase de adaptación de 15 días antes de iniciar la fase experimental. Los peces fueron alimentados a una tasa de 5% de la biomasa existente en cada estanque. Se utilizó el ADEVA (P<0.05) para analizar los datos y cuando hubo diferencias significativas se usó la Prueba de Tukey para comparar las medias entre tratamientos. Entre los resultados obtenidos durante la investigación para las variables de estudio; Consumo promedio de alimento por tilapia, el tratamiento dos fue el que mayor consumo de alimento registró; con un promedio 650 g por pez. El incremento promedio de peso por pez, en esta variable los mejores resultados fue el tratamiento dos con un promedio de 231,29 g por pez. La mejor talla promedio se registró en el tratamiento tres con 12,48 cm por pez. Finalmente, la mejor conversión alimenticia con un valor de 1,40 que se presento fue en el tratamiento testigo. Con la utilización de diferentes niveles de harina de Lemna puedo concluir que los parámetros productivos evaluados en la presente investigación obtuvieron excelentes resultados disminuyendo el tiempo de producción con los pesos esperados. Se recomienda utilizar harina de Lemna en dietas para tilapias en diferentes etapas como alimentos no convencionales con la finalidad de mejorar el tiempo de producción.

PALABRAS CLAVE: <TILAPIA ROJA>, <ESTANQUES PISICOLAS>, <ETAPA ALEVINAJE>, <ESPEJO DE AGUA>, <LENTEJA DE AGUA (*Lemna sp.*)>, <PARAMETROS ZOOTECNICOS>, <SUPLEMENTO NO CONVENCIONAL PROTEICO>.

CRISTHIAN FERNANDO CASTILLO RUIZ
Firmado digitalmente por CRISTHIAN FERNANDO CASTILLO RUIZ
Fecha: 2021.12.15 17:16:11 -05'00'



2249-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate different levels (T2 = 15%, T3 = 20%, T4 = 25%) of duckweed meal (*Lemna minor*) in the diets of red tilapia fingerlings (*Oreochromis sp*) compared to control diet (T1 = 0% of duckweed meal) fed with balanced diets (38% of protein) for 75 days. A total of 320 fingerlings (0.59 cm and 1.55 g) were placed in groups of 20 individuals in 16 ponds of 0.70 m³ of water. The fingerlings were subjected to an adaptation phase for 15 days before starting the experimental stage. The fish were fed with a rate of 5% of the existing biomass in each pond. ADEVA (P<0.05) was used to analyze data, and when there were significant differences, the Tukey test was used to compare means among treatments. The results obtained during this study for the variables were as follows: the highest meal consumption was obtained in T2 (650 g per fish); the highest weight gain was observed in T2 (231.29 g per fish). The best average length was obtained in T2 (14.09 cm per fish). Finally, the best feed conversion was observed in control group (1.40). It is concluded that with the use of different levels of duckweed meal, the productive parameters evaluated in this study obtained excellent results decreasing the production time with the expected weights. It is recommended to use duckweed meal in diets for tilapia in different stages as unconventional feed to improve production time.

KEYWORDS: <RED TILAPIA>, <AQUACULTURE FISH PONDS>, <FINGERLINGS>, <WATER MIRROR>, <DUCKWEED (*Lemna sp.*)>, <ANIMAL SCIENCE PARAMETERS>, <UNCONVENTIONAL PROTEIN SOURCE>

ROCÍO DE
LOS ÁNGELES
BARRAGÁN
MURILLO

Firmado digitalmente por ROCÍO DE
LOS ÁNGELES BARRAGÁN
MURILLO
DN: cn=ROCÍO DE LOS ÁNGELES
BARRAGÁN MURILLO c=EC
l=RIOBAMBA o=ESPOCH DTIC
ou=AUTORIDAD DE
CERTIFICACION ESPOCH DTIC
Motivo:Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha:2021-12-25 02:37-05:00

INTRODUCCIÓN

La lenteja de agua o *Lemna sp*, es una de las macrófitas acuáticas flotantes más utilizadas en el trópico como posible integrante de sistemas de recirculación de nutrientes, propiciando de esta forma su cultivo en estanques que tienen efluentes provenientes de biodigestores anaeróbicos, en lagunas, o simplemente colectadas en su medio natural, que suelen ser en muchos casos, estanques piscícolas, como ocurre en todo el Sudeste Asiático (San Thy et. al, 2008, p. 352).

Particularmente en estas macrófitas no se han encontrado factores anti nutricionales que pudieran limitar su uso en alimentación de peces, lo que la hace muy atractiva en este sentido (San Thy et. al, 2008, p. 150).

(Church, 2006, p. 25), menciona que en dependencia del sistema de producción (extensivo – intensivo), aproximadamente entre el 40 y 60% de los costos de producción, corresponden a la alimentación y nutrición de tilapias, sin embargo, el crecimiento del cultivo de esta especie de agua dulce en la Amazonia ocupa uno de los lugares primordiales de la productividad.

(Church, 2006, p. 28), el mismo autor además afirma que la tilapia se constituye en una fuente de producción proteica sana y barata, expresando indicadores económicos favorables debido a su precocidad en el crecimiento y prolificidad, en comparación a otras especies acuáticas; aportando además excelente calidad de carne (20 a 22% de proteína) y su buena aceptación en los mercados (color, textura y sabor de la carne).

Por otro lado, el aporte proteico hasta 38%, y su gran valor biológico expresado por sus aminoácidos, la lenteja de agua puede contar con la capacidad de reemplazar las harinas de pescado y de soja en las dietas acuícolas, lo cual resulta ser muy ventajoso para minimizar los costos de producción en la crianza de tilapia de agua dulce. (Alicorp, 2008, p. 11)

Además de lo mencionado, la lenteja de agua permite obtener mejores resultados productivos en las tilapias para la ganancia en peso promedio, la tasa de crecimiento específico, la tasa de conversión del alimento y la aparente utilización neta de la proteína. (Pastaza, 2018, p. 89)

Los alimentos no convencionales constituyen una fuente potencial de inestimable valor en la dieta de especies acuícolas omnívoras/herbívoras, contribuyendo al desarrollo de sistemas de producción acuícolas de bajo costo.

Por lo señalado se plantea los siguientes objetivos:

Utilización de diferentes niveles de harina de Lemna (15, 20 y 25 %) frente a un tratamiento testigo (0%) en la alimentación de tilapias en la etapa de alevinaje.

Identificar la rentabilidad en cada tipo de tratamiento a través del indicador beneficio/costo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Origen de la tilapia

Cuando se habla de tilapia, la mayoría imagina la especie nilótica gris o el híbrido rojo, las más cultivadas y conocidas en casi todo el mundo. Pero hay decenas de especies de tilapias, algunas todavía desconocidas para los acuicultores, y podemos encontrarlas sobre todo en su natal África, (Church, 2006, p. 55).

(Nicovita, 2005, p. 142), menciona que la tilapia roja, también conocida como Mojarra roja, es un pez que taxonómicamente no responde a un solo nombre científico. Es un híbrido producto del cruce de cuatro especies de Tilapia: tres de ellas de origen africano y una cuarta israelí.

Son peces con hábitos territoriales, agresivos en su territorio el cual defiende frente a cualquier otro pez, aunque en cuerpos de aguas grandes, típicos de cultivos comerciales, esa agresividad disminuye y se limita al entorno de su territorio (Nicovita, 2005, p. 142).

La tilapia roja es un pez muy conocido en los últimos años, cuyo cultivo se inició en 1820 en África y desde ahí se ha extendido a gran parte del mundo, siendo considerada la tercera especie más cultivada después de las carpas y los salmónidos; asimismo esta especie viene incrementando anualmente su cultivo, a tal punto que se viene cultivando en 85 países y es considerada la especie cuyo cultivo será el más importante en el mundo (Ministerio de la Producción del Perú, 2004, p. 68).

1.2. Generalidades de la Tilapia (*Oreochromis sp*)

Según (Green, 1991, p. 98), da a conocer que la tilapia es el nombre genérico con el que se denomina a un grupo de peces de origen africano, que consta de varias especies, algunas con interés económico, pertenecientes al género *Oreochromis*. Habitan mayoritariamente en regiones tropicales, en las que se dan las condiciones favorables para su reproducción y crecimiento.

En el libro Manual de Crianza de Tilapia, (Alicorp, 2008, p. 53) menciona la facilidad y la alta supervivencia de las tilapias, su reproducción temprana hace de esta especie una de las mejores alternativas para su cultivo. Sin embargo, la reproducción de estos peces puede ocasionar una sobrepoblación en el estanque, resultando en una competencia por el alimento, oxígeno y espacio entre los peces sembrados originalmente y las crías.

Para (Lara, F.et al., 2002, p. 88) afirma que el cultivo de tilapia posee gran importancia en la producción de proteína animal, siendo un sustituto aceptable de las carnes rojas y productos del mar los cuales cada día son más escasos, esta particularidad se da en los países en vías de desarrollo, ingresando al Ecuador como cultivo artesanal en los años '80, para convertirse en una exportación a escala industrial en 1995.

Mientras que (Redmayne, 2001, p. 59) da a conocer, que la tilapia es cultivada en más de 100 países y ocupa el segundo puesto en la producción mundial con 1,6 millones de toneladas métricas al año. Este crecimiento le ha permitido conquistar todo tipo de mercados, tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo.

1.3. Clasificación taxonómica de la tilapia

A la actualidad, se han clasificado 77 especies de tilapia, y 100 sub especies; las cuales se han agrupado en cuatro géneros de la Tribu TILAPINI de acuerdo con sus hábitos reproductivos (Wikipedia, 2010). En la tabla 1-1 se puede observar su clasificación taxonómica:

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica de la tilapia roja

TILAPIA ROJA	
Reino	Metazoa
Phylum	Chordata
Clase	Osteichthyes
Orden	Perciformes
Familia	Cichlidae
Género	Oreochromis
Especie	Spp

Fuente: (FAO, 1993)

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

1.4. Alevines de tilapia

Según (Bocek, 2009, p. 55) indica que la palabra alevín (del francés alevín), es utilizada comúnmente en actividades como la piscicultura y la acuicultura, o en ciencias como la ictiología, para designar a las crías recién nacidas de peces con peso de 1 a 5 gramos o largo total mayor de 1.5 cm.

Una vez capturados los juveniles (jóvenes), se los cría intensivamente para que se desarrollen en el menor tiempo. Además, establece que es una talla y peso adecuado para iniciar periodos de tratamientos con alimentos no convencionales (Bocek, 2009, p. 55).

Para (Quiñonez, Cultivo de alevines de tilapia, 2008, p. 63) da a conocer que, durante este período de crianza, etapa inicial o de alevinaje se efectúa también la reversión sexual, inducida hormonalmente para obtener poblaciones monosexadas de machos (hembras atrofiadas el aparato reproductivo). Para ello se administra la hormona testosterona, vía oral, añadida al alimento.

1.5. Especies de tilapias

Según (Castillo, 2003, p. 12) explica que la tilapia pertenece a la familia de los cíclidos y está representada por cerca de 100 especies pertenecientes a seis géneros diferentes. Existen cuatro especies de tilapia que presentan mejores características productivas las cuales se han introducido al país; la especie *Oreochromis niloticus* es más rápido al aprovechar mejor el alimento natural presentando mayor ganancia de peso, tamaño y un mejor biotipo.

De acuerdo con (Cowey, *Oreochromis* sp, 1981, p. 23), en la producción de híbridos, la *Oreochromis aureus* aporta la tolerancia al frío buscando que las características indeseables se pierdan debido a la heredabilidad. Las especies *Oreochromis hornorum* y *Oreochromis mossambicus*, son las especies que generan el color rojo por poseer un gen recesivo, sin embargo, estas especies presentan una mala conformación anatómica.

Para (Cowey, 1981, p. 54) da a conocer que el híbrido *Oreochromis* sp. conocido también como tilapia roja es el producto de cruces de cuatro especies de Tilapia: tres de ellas de origen africano y una cuarta israelita *O. niloticus* * *O. hornorum* * *O. mossambicus* * *O. aureus*; el resultado es una coloración fenotípica desde el rojo cereza hasta el albino, pasando por el animal con manchas negras.

1.6. Cultivo de tilapia

Para la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 1997, p. 142) explica que la producción de tilapia es una práctica zootécnica y la viabilidad económica en los sistemas de producción dependen de la calidad de semilla siendo factible un menor índice de conversión alimenticia y menor mortalidad.

La tilapia posee una serie de atributos favorables para su cultivo como es la resistencia a bajas concentraciones de oxígeno, rangos variados de salinidad, soporta la manipulación, baja influencia patógena, adecuada asimilación nutricional dando una producción de filete con textura firme, coloración blanca, bajo porcentaje de grasa. Ya sea que se la cultive en estanques de tierra, estanques de cemento o jaulas flotantes (FAO, 1997, p. 142).

Según la (FAO, 1983, p. 22) enseña que los tipos de cultivo varían significativamente por el tipo de alimentación y por la densidad del cultivo, en un cultivo extensivo la alimentación es a base de fitoplancton y zooplancton se lo practica desde reservorios con cantidades adecuadas de agua, no así los cultivos intensivos que dependen de alimento suministrado con proteína mayor al 20% satisfaciendo los requerimientos de la especie.

Para (Menéndez, 1985, p. 33) manifiesta que los cultivos en estanques de tierra deben ser previamente desinfectados y mantener un metro de nivel de agua, estos estanques son de bajo costo de instalación, mayor mano de obra con un índice de alta supervivencia, siendo el sistema de cultivo más común y practicado.

(Menéndez, 1985, p. 33) señala además las características de los cultivos en estanques de cemento o conocidos también como piletas los cuales deben lavarse más continuamente 2/semana, desinfectarse con cloro, el nivel de agua varía desde 0,5 m a más con sistemas de aireación.

En el libro de Microbiología Médica, (REDVET, 2006, p. 29), menciona que el cultivo de tilapia en tanques circulares de geomembrana, ha estado desarrollándose solo en algunos sitios, pero no en cantidades de producción industrial para la exportación; encontrándose limitantes para la producción durante todo el año, uno es la temperatura ya que las tilapias son consideradas peces de aguas cálidas.

1.7. Tilapia en Ecuador

Según (Ingram, 2002, p. 66) señala que en el Ecuador esta producción se la encuentra a lo largo de toda la costa ecuatoriana en las provincias de El Oro, Guayas, Manabí. En el 2012 se reportaron datos de 2.000,000 Toneladas de filete de tilapia exportadas a EE. UU con un valor de \$ 5.030,829 dólares. Por ende, la producción de tilapia es considerada rentable en lugares donde cumple con las condiciones óptimas tanto de medio ambiente como manejo, dándose a conocer algunas características como se observa en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Condiciones óptimas medio ambientales para la producción de tilapia gris y roja

FASE	PESO (gr)	Gramos / día	Ciclo	Densidad. m2	%Mortalidad	% Proteína
Alevinaje	1-50	0.2-0.4	130 días	10-60	30-40	35
Cría	50-300	1.5-1.7	140 días	150-300	5-15	32
Engorde	300-900	3.5-3.9	145 días	80-125	1-5	30

Fuente: (FAO, 1993)

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

1.8. Parámetros físico químicos del agua óptimos para el cultivo de tilapia

Según (Poot, J. et al., 2009, p. 36) manifiesta que para cultivar tilapia es importante tomar en cuenta las propiedades físico químicas del agua. Estas deben mantenerse dentro de los parámetros óptimos para garantizar el desarrollo de los peces; las propiedades más importantes tenemos la temperatura, oxígeno disuelto, pH y transparencia las cuales influyen directamente en los aspectos productivos y reproductivos de los peces.

(Lozano, D. y López, F., 2009, p. 96) muestra que los factores físicos y químicos de mayor importancia son:

- **Oxígeno y temperatura**

Según (FAO, 1983, p. 44) especifica que el oxígeno y la temperatura quizá son los parámetros más importantes en los cultivos de especies hidrobiológicas en cuanto a temperatura se tiene a una T° máxima en 32°C y la mínima 16°C, soportando variaciones no bruscas de temperatura; en

cuanto al oxígeno disuelto soporta niveles desde 4 ppm a más, los niveles de oxígeno disuelto presentan efectos como:

0,0 - 0,3: Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.

0,3 - 2,0: Letal en exposiciones prolongadas.

3,0 - 4,0: Los peces sobreviven, pero crecen lentamente.

>4,5: Rango deseable para el crecimiento del pez

- **El pH**

Para (FAO, 1983, p. 54) especifica que se mide el grado de acidez y alcalinidad del agua, en estanques de agua natural se tiene un pH que varía entre 5 y 8; Cuando el nivel de pH se encuentra debajo de 5 se manifiesta el “estrés ácido”, lo que provoca excesiva acumulación de mucus en el tejido branquial que interfiere con el intercambio gaseoso y afecta al balance “ácido – base” de la sangre causando estrés respiratorio y disturbio osmótico.

Según (Carrasco, 1999, p. 11) menciona que a un elevado nivel de pH sobre 8, el ion aluminio se incrementa en el agua, además produce una hipertrofia del epitelio de las branquias; a valores extremos de 2 a 12 se produce la muerte de las tilapias en cultivo; el rango deseable para el cultivo de tilapia es de 6.5 a 8.

- **Salinidad**

Las tilapias son peces de agua dulce que evolucionaron a partir de un antecesor marino, por lo tanto, conservan en mayor o menor grado la capacidad de adaptarse a vivir en aguas saladas (eurihalinas). (Carrasco, 1999, p. 62).

- **Turbidez**

La turbidez del agua tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces. Al impedir la libre penetración de los rayos solares, la turbidez limita la productividad natural del estanque, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento (fitoplancton y zooplancton) para la Tilapia. (FAO, 1983, p. 65).

- **Amonio**

El amonio que se encuentra en el agua proviene del producto final del metabolismo (heces y orina) de las proteínas, las cuales son el principal ingrediente del alimento balanceado; los peces

en general excretan entre el 60% y 90% del nitrógeno de desecho a través de las branquias por lo que son considerados “amotéticos”. La forma ionizada (NH₄) presente en el agua no es tóxica para los peces a diferencia de la forma no ionizada de amonio (NH₃) el cual es supremamente tóxico a niveles que excedan 0.03mg/litro. (FAO, 1983, p. 66).

Los parámetros antes mencionados se resumen en la tabla 3-1, donde se explica a brevedad cada uno de ellos y la variación de rango.

Tabla 3-1: Parámetros físico – químico del agua

Parámetros	Unidad	R. máximo	R. mínimo
Temperatura	Grados Centígrados	36°	18°
Oxígeno Disuelto	Partes por millón	5 ppm	2 ppm
Bióxido de Carbono	Partes por millón	15 ppm	----
Dureza Ca	CO ₃	350 ppm	50 ppm
Turbidez	Disco Secchi	35 cm	3 cm
Amoníaco	Partes por millón	< 0.5 ppm	< 0.03
Nitritos	Partes por millón	1.0 ppm	< 0.1 ppm

Fuente: (FAO, 1983)

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

1.9. Alimentación de las tilapias

Según (Quiñonez, 2008, p. 65) da a conocer que el género *Oreochromis* sp. clasifica como omnívoro, por consumir diversidad de alimentos, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton mediante la filtración por las branquias.

Para (Poot, J. et al., 2009, p. 35) ostenta que para el cultivo de tilapia se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, la alimentación de tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55%.

Para (Cowey, 1981, p. 46) explica que el desarrollo de los cultivos en piscicultura depende inevitablemente de obtener una dieta comercial que satisfaga los requerimientos de nutrientes esenciales; siendo así los costos de alimentación el 50% del total del costo de producción puesto

que hay un delicado balance entre el nivel de proteína y energía en cada etapa fisiológica de la tilapia.

1.10. Harina de lenteja de agua

Para (Loor, 2008, p. 69) menciona que la Lemna es un género de plantas acuáticas de libre flotación de la familia Araceae la cual incluye a las lentejas de agua. Estas últimas se han clasificado como una familia separada, las Lemnaceae, pero otros investigadores del Grupo para la Filogenia de las Angiospermas APG II las consideran parte de las Araceae.

Según (Poor, 2017, p. 78) describe a la lenteja de agua flotando libremente en la superficie del agua, con hasta 4 frondes cohesionadas.

Fronde membranacea, plana, elíptica a lineares, simétricas o asimétricas, 1–5 mm de largo y 0.5–3 mm de ancho, redondeadas en el ápice, con 1–3 nervios y con 1–3 pápulas, sin puntos prominentes; raíz 1, con vaina lisa o alada; perfilo ausente. Marsupios 2, laterales (Poor, 2017, p. 78).

De acuerdo con (Dark, 2017, p. 98) menciona que la Lemna tiene de 8 a 10% de fibra. Con manejo del fertilizante, el contenido proteico puede incrementarse al 45%. El alimento de la lenteja es un buen suplemento de la carne.

1.11. Características botánicas y composición química de la Lemna

Las lemnáceas constituyen una familia de plantas vasculares, que flotan libremente sobre la superficie del agua, y que tienen una distribución mundial. Hay cuatro géneros: Spirodela, Lemna, Wolffia y Wolffia, y cerca de 40 especies (Ramírez, Watanabe, 1990, p. 133).

Estas macrófitas tienen una morfología relativamente simple, puesto que no tienen tallos ni hojas verdaderas; comúnmente consisten en una o pocas frondas de forma ovalada que raramente exceden los 5 mm de longitud (Preston, 1991, p. 36).

Cada fronda puede tener o no algunas raíces, y las plantas florecen muy raramente. Estas macrófitas se reproducen por la vía vegetativa muy fácilmente. Las plantas forman grandes masas o colonias que se distribuyen como una sábana o lámina sobre la superficie del agua (Preston, 1991, p. 36).

Dentro de las diversas especies con adecuado valor nutritivo, se destaca por su abundancia la *Lemna gibba* (Gutierrez et al, 2001, p. 68), una pequeña planta flotadora de morfología simple, rápido y abundante crecimiento, de fácil propagación y con una calidad proteica aceptable para animales terrestres y acuáticos (Leng et al, 1995, p. 122).

La composición química de las lemnáceas varía principalmente de acuerdo con la edad de la planta. En este sentido, (Rusoff et, 1980, p. 178) han resumido este asunto indicando que en las muestras de *Lemna* obtenidas de distintos reservorios naturales de agua, tales como lagos, campos de arroz, lagunas y corrientes de agua, el contenido de proteína puede variar de 9.4 a 20% en base seca (Tabla 4-1).

Las lemnáceas pueden duplicar su biomasa en dos o tres días, bajo condiciones ambientales propicias, y se ha demostrado que pueden obtenerse rendimientos de 10 a 13 toneladas de materia seca por hectárea al año en sistemas de pequeñas lagunas, mientras que en tanques al exterior los rendimientos se encuentran alrededor de 20 t MS/ha anuales (San Thy et. al, 2008, pág. 77).

Debido a la escasez y al aumento en los costos de los insumos tradicionales para la elaboración de los alimentos balanceados para peces y crustáceos, existe la necesidad de evaluar el potencial de los alimentos no convencionales, entre los que se encuentran las macrófitas acuáticas, con el fin de contribuir al desarrollo de sistemas acuícolas de bajo costo, ya que éstas constituyen un importante potencial de nutrientes, en la dieta de especies acuícolas omnívoras/herbívoras (Tacon, 1997, p. 62).

Tabla 4-1: Diferentes tipos de *Lemna*

Especie	Sitio	Sistema	Cenizas	Proteína (%)	N* (%)	Fuente
L.gibba	Xochimilco	Laguna natural	17.3	11.7	4.84	Escamilla (1998)
L.gibba	Baton Rouge	Laguna anaeróbica	14.1	9.4	4.03	Rusoff (1980)
L. minor	La Habana	Laguna aeróbica	35.6	20.0	7.29	Domínguez (1997)

Fuente: (FAO, 1983)

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

En las condiciones de los productores acuícolas rurales de América Latina es factible producir diferentes especies de plantas acuáticas flotantes con estos fines, dentro de las cuales la Lemna por su alta velocidad de multiplicar su biomasa resulta con un alto potencial. (Poot, J. et al., 2009, p. 69).

1.12. Composición química y digestibilidad

Para (Slinger, 2019, p. 25) especifica que en general las especies de Lemnaceas presentan un buen balance de aminoácidos, destacándose en su composición la metionina, lisina, treonina, triptófano y la leucina. La composición química de esta planta según diferentes investigadores, en porciento de peso seco varía de la siguiente forma.

- Proteína: 6,8 – 45,0
- Fibra cruda: 5,7 – 16,2
- Ceniza: 12,0 – 27,6.

Según (Slinger, 2019, p. 45) especifica que la harina de Lemna contiene aproximadamente un 40% de proteína, comparándose favorablemente con la soya como una valiosa fuente de proteína vegetal. Mostrando en este aspecto superioridad a otras plantas acuáticas, como la Eichhornia crassipes, a la cual se le ha reportado un contenido de 5,9 % de extracto libre de nitrógeno y 0,41 % de fósforo.

1.13. Empleo en la alimentación animal

Según (Church, 2006, p. 43) indica que las plantas acuáticas pueden ser utilizadas como alimento para animales de granja y para peces debido a que constituyen fuentes proteicas de alto valor nutricional (18 a 32 % PB), pero tienen como deficiencia que son alimentos muy voluminosos por su baja producción de materia seca (5 a 6 %), lo que sugiere un tratamiento de secado para disminuir los volúmenes de inclusión o para realizar un ensilaje lo que encarece un tanto el sistema.

De acuerdo con (Caceres, 2018, p. 39) pone en manifiesto que por lo expuesto anteriormente se recomienda la posibilidad de un mejor aprovechamiento de estos alimentos en especies menores de granja o en peces de agua dulce, los cuales son promisorios en cuanto a altas producciones de biomasa.

Según (Church, 2006, p. 44) especifica que en la actualidad se incrementan las investigaciones para utilizar la *Lemna sp* en la alimentación de peces obteniéndose buenos resultados productivos y una eficiencia económica satisfactoria, poniéndose en evidencia las bondades de esta planta, científicos y productores de Bangladesh han desarrollado bajo condiciones experimentales un sistema de producir *Lemna* en un estanque central, utilizándola en forma fresca en la alimentación de tilapias en otros estanques cercanos.

El autor (Caceres, 2018, p. 70) indica que el rendimiento en biomasa fresca es de 4 t / ha / día, equivalente en base seca a 80 t / ha / año. Al utilizar este sistema, en un solo estanque de 0,6 ha, se produjeron en un año 4,5 t de tilapia y se calculó que se pudiera duplicar el rendimiento a 10t/ha/año. Además de su uso en forma fresca para aves y peces, se ha utilizado la *Lemna* en forma de harina, a un nivel de 15 % en la dieta para diferentes especies.

Según (Caceres, 2018, p. 70) indica que la *Lemna*, en su estado fresco, se ha utilizado para sustituir el 50% de la proteína convencional de la dieta (harina de pescado y harina de soya) en la alimentación de peces, obteniéndose resultados alentadores con respecto a la supervivencia y talla al término del ciclo productivo.

Los autores (Chenn y Cheng, 2011, p. 77) manifiestan que al utilizar la *Lemna* fresca como único ingrediente en la alimentación de la tilapia (monocultivo), carpa india y china (en policultivo), se obtuvieron buenos resultados debido a que disminuye la manipulación y el costo de la crianza, lo que ha demostrado que los peces cubren sus requerimientos en los estanques sólo con este alimento, a pesar de que las concentraciones de nutrientes en este estado se diluyen en las plantas frescas.

El autor (Castillo, 2003, p. 33) realizó un experimento donde obtuvo producciones de tilapia de 3,7 t / ha/ año a partir de la suplementación de *Lemna* al estanque y de 13,4 t / ha / año con la adición de harina de lenteja de agua como suplemento alimenticio en base al balanceado.

Conforme con (Slinger, 2019, p. 27), en relación con los costos de alimentación en sistemas intensivos de tilapia, estos se han reducido a la mitad en América Latina, cuando se combina la dieta de los peces con alimento balanceado y *Lemna sp*. A pesar de que las malezas acuáticas pueden contribuir en buena parte de la dieta de peces herbívoros, solo se ha llegado a obtener resultados alentadores alrededor de un 20% de inclusión en la ración alimenticia en sistemas de producción comercial.

Debido a esto se presentan alternativas de considerar en la medida de lo posible la inclusión de más de dos plantas acuáticas para compensar las deficiencias de algunos nutrientes como los aminoácidos esenciales en donde una combinación apropiada, bien pudiera incrementar la calidad de la proteína (Slinger, 2019, p. 27).

Según (Caceres, 2018, p. 111), recomienda que de acuerdo con la composición bromatológica expuesta anteriormente las plantas acuáticas son factibles de utilizarse como sustitutos parciales de los concentrados proteicos que forman parte de las raciones de los peces y otros animales de granja, sobre todo si se tiene en cuenta el alto costo de los alimentos comerciales.

El uso de determinadas plantas acuáticas para la alimentación animal estará en función de las necesidades, requerimientos y calidad de las mismas (Caceres, 2018, p. 111).

1.14. Nutrición de la tilapia en un entorno sostenible

El desarrollo sostenible de la piscicultura intensiva basada en la alimentación depende de la utilización óptima de los nutrientes por las especies cultivadas y del mantenimiento de la calidad del agua. Las fuentes tradicionales de ingredientes que proporcionan las proteínas para los alimentos balanceados de peces son la harina de pescado y la harina de soya, debido a que estos productos son altos en proteína cruda y contienen altos niveles de aminoácidos esenciales. (San Thy et. al, 2008, p. 255).

Los peces del género tilapia se encuentran actualmente en la mayor parte de las áreas tropicales del mundo, donde la temperatura del agua permite su reproducción y crecimiento. En los países tropicales se han cultivado con rendimientos de 300 a 18,000 kg/ha según la especie, método y tiempo de cultivo y la fertilidad del agua. (Preston y Leng, 2013, p. 50).

Los peces que se cultivan en las diferentes partes del mundo muestran tendencias a ser omnívoros, otro grupo importante se destaca por su característica como carnívoros y un menor porcentaje se comporta como herbívoros (Bocek, 2009, p. 56).

Por ello generalmente, las dietas de los peces son muy ricas en proteínas (25 a 60 %), lo cual conlleva una fuerte excreción de nitrógeno (NH_4 , NH_3) cuya velocidad de excreción está relacionada directamente con la cantidad y calidad de la proteína suministrada en el alimento (Bocek, 2009, p. 57).

La estrategia actual es buscar medios para disminuir la pérdida de nitrógeno y aumentar su retención controlando la relación entre la proteína digestible y el total de energía digestible de la dieta. (Bocek, 2009, p. 58)

1.15. Estrategias para la utilización de la harina de Lemna sp. en dietas para tilapia

(Lawnce, 2018, p. 66), ha generado básicamente cuatro formas de manejo y suministro de Lemna y otros micrófitos en cultivos acuícolas.

1.15.1. *Las plantas son cultivadas por separado, cosechadas y por último proporcionadas a los peces*

Esta estrategia se puede utilizar en cultivos rurales de baja intensidad con recursos limitados en lugares de difícil acceso y donde el suministro de alimento balanceado no sea continuo, y en cultivos semi-intensivos en estanques rústicos, donde la unidad acuícola tenga área para cultivo de la macrófitas (Lawnce, 2018, p. 67).

Sin embargo, en cultivos intensivos no es tan rentable ya que se requiere una superficie extra para cultivarlas. Esto es debido a que se presenta una baja eficiencia de conversión del material vegetal en tejido animal, por lo que genera gastos por cosecha y transporte de la vegetación (Lawnce, 2018, p. 67).

No obstante, la aplicación de Lemna fresca combinada con alimento balanceado, ha demostrado ser adecuada para el crecimiento de *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus* tanto en laboratorio como en estanques rústicos (Lawnce, 2018, p. 68).

1.15.2. *Cultivo de peces y Lemnas en el mismo estanque*

(Lawnce, 2018, p. 69), se selecciona un estanque dentro de la granja que tenga baja densidad de peces (0.5 a 1 org/m²), en el cual se siembra la planta, la que servirá como “stock” para proporcionarla a los otros estanques; ésta se mantiene mediante la aplicación de desechos orgánicos.

Es importante que la macrófitas no cubra el área del estanque en más de 1/3, ya que podría crecer aceleradamente y cubrir casi todo el estanque lo que ocasionaría perturbaciones en la calidad del agua, con consecuencias que ponen en riesgo el cultivo piscícola (Lawnce, 2018, p. 69).

1.15.3. *Inclusión en el alimento balanceado*

La incorporación de las macrófitas acuáticas en el alimento balanceado por lo general ha sido en forma de harina, a través de dos procesos; en el primero la harina se elabora a partir de la deshidratación de la planta y el segundo mediante un tratamiento previo para transformarla en composta o simplemente harina comercial (FAO, 1983, p. 56).

1.15.4. *La cuarta estrategia plantea la posibilidad de procesar las macrófitas acuáticas en forma de ensilado*

Su valor nutritivo es bajo debido en parte a su alto contenido de humedad, además de resultar este método mucho más costoso. A pesar de esto, el ensilado podría ser usado cuando el alimento es escaso para peces no herbívoros. (Pastaza, 2018, p. 120)

Las características favorables que convierten a la tilapia en uno de los géneros más apropiados para la piscicultura son: gran resistencia física, rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, debido a su tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y amplio rango de salinidad, con capacidad de nutrirse a partir de una gran gama de alimentos naturales y artificiales.

1.15.5. *Antecedentes de la Harina de lenteja de agua*

Según (Liang, 1971, p. 99) sostienen que la adición de 10% de harina del lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) en dietas para tilapia resultó en crecimientos superiores al tratamiento testigo. Sin embargo, observaron que este pez no consume dietas con más de 40% de este vegetal, debido a una reducción en la palatabilidad de la dieta por el elevado contenido de fibra.

Para (Vegas, 1980, p. 59) afirma que uno de los principales problemas de la piscicultura es encontrar un alimento de muy buena calidad y de bajo costo, ya que restringe la actividad de cría de los peces e impide que alcance mayor importancia comercial.

De acuerdo con (Saint-Paul, 1985, p. 40) evaluó la eficiencia de la harina de lenteja de agua, *Lemna* sp. (30% proteína bruta), en el desempeño del crecimiento de Tilapia Roja durante 150 días con peces menores de 2,5 gramos.

Obteniendo ejemplares con peso promedio final 417.6 g (1.5 g/día) y tasa de conversión alimenticia de 3.9, un desempeño obviamente superior a los peces alimentados con la dieta testigo (45% proteína), los cuales, en el mismo periodo de tiempo, tuvieron un peso promedio final de 347.9 g (0,6 g/día) y una tasa de conversión alimenticia de 1.5, recomendando así utilizar harina de Lemna en alevines de 15 días de edad (Lawnce, 2018, p. 67).

(Lawnce, 2018, p. 95), evaluó el efecto de cuatro raciones con diferentes niveles proteicos (20, 25, 30 y 35%) en la alimentación y crecimiento de juveniles de tilapia, y encontrando diferencias significativas en el rendimiento productivo de los peces alimentados con las diferentes raciones.

El autor (Lawnce, 2018, p. 65) afirma que las Lemnáceas contienen uno de los más altos porcentajes proteicos dentro del reino vegetal; y que cultivadas en condiciones favorables han reportado valores de hasta el 45%.

Esto se puede explicar por el hecho de que la planta se compone, fundamentalmente, de material metabólicamente activo y no necesita desarrollar material estructural o de soporte. El contenido proteico no solamente es alto, sino de muy buena calidad en términos de aminoácidos, vitaminas y enzimas, todos indispensables en la dieta animal (Lawnce, 2018, p. 66).

Para (Lawnce, 2018, p. 12) analizando diferentes tipos de Lemna concluyeron que este vegetal puede ser un buen complemento en la dieta alimentaria de ganadería y peces; con un alto porcentaje de proteína rica en aminoácidos a excepción de metionina. Asimismo, hicieron comparaciones entre la lenteja de agua y otros alimentos de origen animal y la soya, observando que su contenido proteico es igual o más alto.

Según (San Thy et. al, 2008, p. 28) determinaron que la tilapia *Oreochromis sp.* crece bien con niveles de hasta 42% de inclusión de harina de la macrófitas acuática Lemna sp. en dietas con 35% de proteína bruta.

El autor (Bocek, 2009, p. 62) observó un marcado aumento del crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), al incorporar la fuente de proteína animal con la macrófita acuática Lemna sp, en dietas con 45% de proteína. El autor concluye que al parecer el aumento del crecimiento del pez está relacionada con el contenido de proteína y energía en las dietas.

Según (Caceres, 2018, p. 77) estudió el crecimiento de alevinos de tilapia, alimentados con cuatro raciones experimentales, comparando una ración patrón con tres niveles de sustitución de

harina de lenteja de soya por harina de Lemna, y concluyó que hubo diferencia significativa ($P>0.05$) en el crecimiento, ganancia de peso, y en la composición corporal de los peces.

Según (Caceres, 2018, p. 77) menciona que la utilización de las lemnáceas en la alimentación de peces, pueden ser ofrecidas en estado fresco como alimento exclusivo o deshidratado en combinación con otros ingredientes. La mayor eficiencia de esta fuente de alimento es obtenida en la nutrición de peces herbívoros y omnívoros como carpas y tilapias, que se han adaptado a la alimentación a base de lemnáceas, pues poseen placas trituradoras en la faringe y un largo intestino, para una mejor digestión de los vegetales.

Para (Payagua, 2019, p. 38) estudiaron tres niveles de inclusión de harina de Lemna (R1:54%, R2:40%, R3:14%), en la alimentación de Tilapia Roja e indican que los peces alimentados con la ración R3, presentaron el mejor incremento en peso y longitud, y mejor tasa de conversión alimenticia (1.7), con respecto a las demás raciones, probando que la harina de Lemna sustituye satisfactoriamente a la harina de maíz.

Para (Lawnce, 2018, p. 52) estudio el efecto de la inclusión de las harinas de yuca, plátano y Lemna en dietas para juveniles de *Oreochromis* y sus efectos en el crecimiento, encontrando que la ganancia de peso de los peces alimentados con harina de Lemna fue nítidamente superior a los otros tratamientos durante los primeros 45 días de cultivo.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización y duración del experimento

La Granja Piscícola “La Marujita” se encuentra ubicada en el Km 302 de la Red Estatal Amazónica vía Puyo-Macas a margen izquierdo, perteneciente a la Parroquia Simón Bolívar, comunidad El Vergel, suroeste de la provincia de Pastaza.

Tiempo de duración del experimento 75 días.

Condiciones meteorológicas

Tabla 5-2: Condiciones meteorológicas

Parámetros	Valores
Altitud, m.s.n.m	1032
Temperatura, ° C	19-26
Precipitación, mm/año	4100
Humedad Relativa, %	87-89
Suelo	Ácido

Fuente: (Pastaza, 2018)

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

2.2. Unidades experimentales

Para la realización de la presente investigación se utilizaron como unidades experimentales 16 jaulas flotantes con capacidad de un metro cúbico de agua (m³), cuyas dimensiones son 4m de largo *3m de ancho *0.7 m profundidad, y se sembraron 20 alevines de tilapia roja u *Oreochromis sp.* de 15 días con pesos entre 1.5 – 1.7 gramos por estanque.

2.3. Materiales, equipos e insumos

2.3.1. *Materiales*

- Equipo de bioseguridad personal (overol, botas de caucho, guantes, guantes de manejo, cubre bocas)
- 16 jaulas flotantes
- 1 estanque de tierra
- Tubos para agua de 3 pg.
- 1 red para pesca/cosecha
- Llaves de paso 3/4
- 1 malla sarán
- Bomba de mochila
- Moto guadaña
- Carretilla
- Pala
- Materiales de oficina

2.3.2. *Equipos de laboratorio*

- Cámara fotográfica
- Balanza
- Computadora personal
- Impresora
- Cinta métrica
- Peachímetro
- Disco de Secchi

2.4. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluará el efecto de tres niveles de harina de Lemna (*Lemna minor*), (15, 20 y 25 %) frente a un grupo control sin este suplemento no convencional (0 %), para evaluar el comportamiento productivo, bajo un Diseño Completamente al Azar de 4 tratamientos con 4 repeticiones, 20 alevines por repetición como tamaño de la unidad experimental.

Tabla 6-2: Esquema del experimento

Tratamiento	Código	Repeticiones	TUE	Repeticiones/tratamiento
0% Hna. De Lemna	T0HL0	4	20	80
15% Hna. De Lemna	T1HL15	4	20	80
20% Hna. De Lemna	T2HL20	4	20	80
25% Hna. De Lemna	T3HL25	4	20	80
Total		16		320

T.U. E= Tamaño de la Unidad Experimental, 20 alevines de tilapia.

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021.

2.5. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

- Análisis de Varianza (ADEVA) $P < 0,01$ Y $P < 0,05$
- Separación de medias de acuerdo a la prueba de Tukey a $P < 0,01$ Y $P < 0,05$
- Análisis de Regresión y Correlación

Tabla 7-2: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Formula	Grados de libertad
TOTAL	$(t*r)-1$	15
TRATAMIENTO	$t-1$	3
ERROR	$(r-1)(t-1)$	12

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

2.6. Mediciones experimentales

- Peso inicial, gramos
- Peso final, gramos
- Ganancia de peso, gramos
- Consumo de alimento, kilogramos
- Conversión alimenticia
- Mortalidad, porcentaje
- Evolución de la talla, centímetros
- Beneficio/costo

2.7. Procedimiento experimental

Para la siguiente investigación se utilizaron 16 jaulas flotantes de tierra cada uno con capacidad de 0.7 m³ de agua, en los cuales se colocó 20 alevines de tilapia roja *Oreochromis sp.* En los siguientes pasos se da a conocer la descripción del experimento:

- En la adecuación de las jaulas flotantes se realizaron las siguientes actividades: limpieza del estanque y evacuación de las impurezas en su totalidad, instalación de tuberías de drenaje, elaboración del sistema de entrada de agua con manguera de ½ pulgada.
- El encalado se realizó para corregir el pH de cada una de las unidades experimentales dosificando 10 gr/m², y dejándolos reposar por dos días, luego se procedió a llenarlos y se dejó en reposo por un lapso de 6 días, creando así condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos.
- Se ejecutó la siembra con 20 alevines de tilapia roja *Oreochromis sp.* por estanque de acuerdo a cada uno de los tratamientos, 8 días posteriores al encalado, 2 días antes de la siembra se realizó la fertilización con abono 10-30-10 colocando 10gr/m².
- La preparación del alimento para los alevines, se realizó con harina de lenteja de agua al 15, 20 y 25% en 8 raciones: 15 % de harina de *lemna sp* en 1 kg de balanceado, respectivamente. El alimento se entregó diariamente según la biomasa registrada en ocho raciones controlando al mismo tiempo el nivel de agua y pH del estanque. Las mediciones

experimentales como peso y talla se registraron al inicio de la investigación y cada 15 días se tomó un muestreo.

- Al terminar el trabajo de campo los datos se tabularon aritméticamente y se realizó el análisis estadístico con pruebas de ADEVA, Separación de medias de acuerdo a Tukey, Análisis de Regresión y Correlación de las variables mutuas, para posterior interpretación y publicación de resultados.

2.8. Metodología de la investigación

2.8.1. *Peso inicial, gr*

Al inicio del proceso investigativo se tomó una muestra al azar, el cálculo del peso inicial se lo realizó con la ayuda de una balanza gramera. Se registró el peso de cada alevín antes de seguir a la siembra en las jaulas flotantes (FAO, 1997, p. 14).

2.8.2. *Peso final, gr*

Una vez finalizada la etapa de experimentación se realizó el pesaje de una muestra al azar de cada uno de las respectivas jaulas (FAO, 1997, p. 14).

2.8.3. *Ganancia de peso, gr*

La ganancia de peso se obtuvo de la diferencia entre el peso final restado del peso inicial y correspondió a la cantidad en gramos que probablemente se incrementa en la fase de investigación (FAO, 1997, p. 14).

$$Pf = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

2.8.4. *Consumo de alimento Kg/MS*

Los animales consumieron una determinada cantidad de balanceado que fue pesado a diario según la ración calculada por alevín/estanque, para así determinar el consumo real de alimento balanceado durante la etapa de investigación (FAO, 1997, p. 15).

2.8.5. *Conversión alimenticia*

Se calculó de acuerdo a la cantidad de alimento consumido en gramos por alevín, para la ganancia de peso de cada pececito (FAO, 1997, p. 15)

$$CA = \text{Consumo alimento} / \text{Ganancia Peso}$$

2.8.6. *Mortalidad, %*

Para el cálculo del porcentaje de mortalidad de los alevines se llevó un registro de peces muertos de cada una de las jaulas y tratamiento, a lo largo de toda la investigación y se anotó los datos para su respectivo análisis (FAO, 1997, p. 15).

$$\% \text{Mortalidad} = (\# \text{ alevines muertos} / \# \text{ alevín inicial}) * 100$$

2.8.7. *Evolución talla, cm*

La evolución de la talla fue conforme la talla inicial que se registra al inicio de la investigación, y se tomó el registro de la nueva talla del alevín al terminar el proceso investigativo (Dark, 2017, p. 25).

2.8.8. *Beneficio costo, \$*

\$: El indicador beneficio/costo se calculó de acuerdo a los ingresos totales dividido para los egresos totales (Dark, 2017, p. 25)

Para el análisis de este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Beneficio/costo} = \text{Ingresos totales} / \text{egresos totales}$$

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Utilización de diferentes niveles de harina de Lemna (15, 20 y 25 %) frente a un tratamiento testigo (0%) en la alimentación de tilapias en la etapa de alevinaje

3.1.1. *Peso inicial, gramos*

El peso inicial de los alevines de *Oreochromis* sp. fue de 1,55 gramos, sin que existan diferencias significativas, registrándose un valor mínimo de 1,50 gramos y un valor máximo de 1,60 encontrándose un rango de 0,10 gramos. De esta manera la aplicación del diseño completamente al azar es adecuado para comprobar la hipótesis.

En este sentido (Bocek, 2009, p. 55) señala que el tratamiento aditivo con alimentos no convencionales se puede iniciar desde alevines menores de 2.5 cm de longitud total, un peso de 1.5 gr y de quince días de edad, para que se aprecie eficiencia, aunque también se han logrado buenos resultados con alevines un tanto menor a los 15 días.

En muchos trabajos se informa la utilización de la Lemna sp. fresca, para la alimentación de la tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. nilóticus*), mostrando una gran facilidad en la ingestión y una eficiente utilización de los nutrientes (Gaigher y cols. 1984, p.55).

De esta manera se analiza que los pesos son homogéneos, no hubo diferencias estadísticas por lo tanto el efecto se debe a los tratamientos y no al peso inicial, lo mencionado anteriormente se puede observar en la tabla 8-3.

3.1.2. *Peso final, gramos*

Para la separación de medias según Tukey, el mejor peso final fue de 196,00 gramos correspondiente a los peces alimentados con balanceado comercial de 45% de proteína mezclada con 25% de harina de Lemna difiriendo del tratamiento con niveles de 20% de la misma, sin embargo, el tratamiento testigo es similar.

A los 75 días el análisis de varianza registró diferencias altamente significativas en los niveles de harina ($P < 0.01$). Lo anteriormente mencionado se puede observar en la tabla 8-3.

En este sentido, (Saint-Paul, 1985) reportó promedios muy parecidos a los nuestros ya que evaluó la eficiencia de la harina de lenteja de agua, *Lemna* sp. (30% proteína bruta), en el desempeño del crecimiento y peso de *Tilapia Roja* durante 150 días obteniendo ejemplares con peso promedio final de 417.6 g (1.5 g/día) a diferencia de los 75 días que duro este trabajo experimental.

No obstante, el crecimiento del híbrido es relativamente lento con una ganancia diaria aproximada de 0,6 g/pez cuando sólo se suministra esta planta en fresco (NRC, 1993); en cambio cuando se adiciona en forma de harina al alimento balanceado, la tasa de crecimiento aumenta el doble, mientras que la ganancia diaria se triplica (Nagy y cols. 2001. p.33).

Como podemos mostrar en el gráfico 1-3, la evolución del peso de tilapia difiere numéricamente según los niveles de harina de lenteja de agua, no obstante, los mejores tratamientos se ponen en manifiesto estadísticamente.

Tabla 8-3: “Evaluación de diferentes niveles de Harina De Lenteja De Agua (*Lemna* Minor) en la alimentación de *Tilapia Roja* (*Oreochromis* Sp) en la etapa de alevinaje”

Tratamientos						
Variables	0	1	2	3	E.E.	Prob
Peso inicial (g)	1,55 a	1,60 a	1,50 a	1,53 a	0,06	0,9906
Peso final (g)	201,61 ab	203,80 b	232,79 c	196,00 a	1,36	0,8557
Ganancia peso (g)	200,06 b	202,20 b	231,29 c	194,47 a	1,32	0,8949
Consumo alimento (g)	279,50 a	316,25 c	357,00 d	288,75 b	1,94	0,8958

Conversión alimenticia		1,40 a	1,56 c	1,54 c	1,49 b	0,01	0,9700
Mortalidad(%)		1,75 a	2,25 a	3,25 a	2,00 a	0,65	0,875
Talla inicial (cm)		0,55 a	0,58 a	0,60 a	0,63 a	0,05	0,94
Talla final (cm)		9,40 a	9,28 a	14,69 c	12,48 b	0,16	0,780
Evaluación talla (cm)		8,85 a	8,70 a	14,09 c	11,86 b	0,14	0,771

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

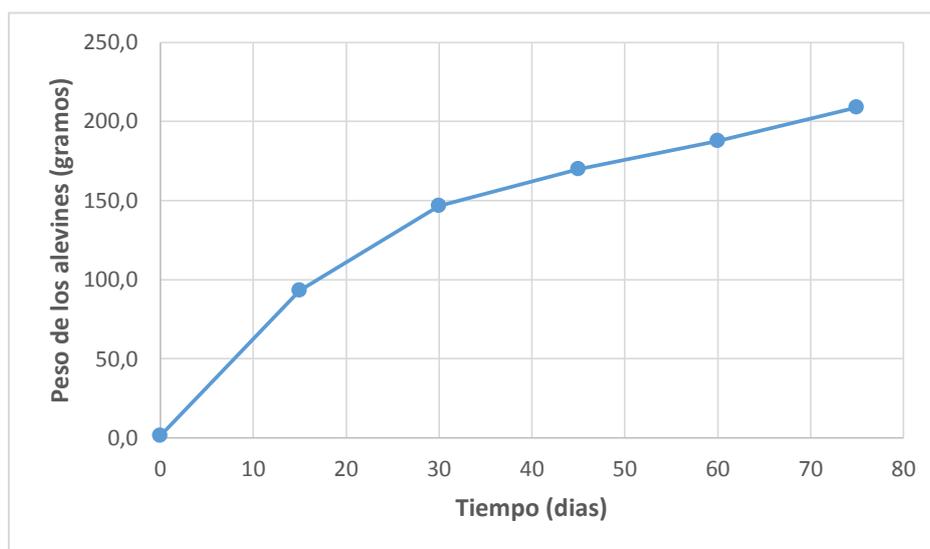


Gráfico 1-3. Dinámica del peso final en gramos de los alevines de tilapia roja de 75 días de edad como efecto de la aplicación de diferentes niveles (15%, 20% y 25%) de Harina de lenteja de agua.

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

El análisis de regresión gráfico 2-3, entre el peso y la edad de la *Oreochromis sp*; presentó diferencias significativas.

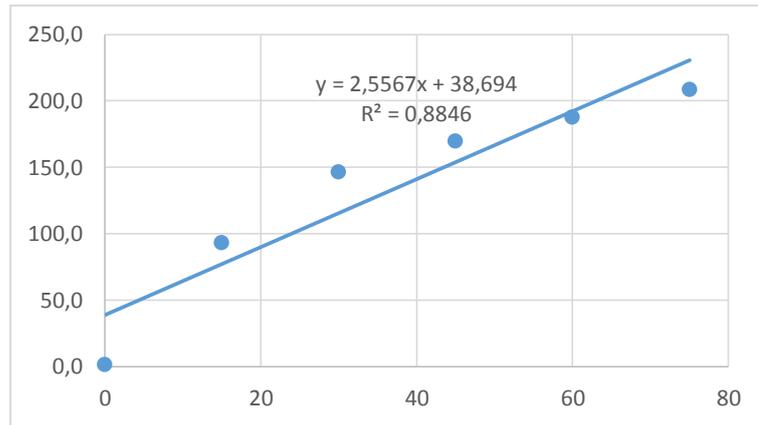


Gráfico 2-3. Curva de la regresión ajustada para el peso de los alevines de tilapia roja *Oreochromis sp.* como efecto de la aplicación de diferentes niveles de harina de Lemna.

Realizado por: Chamorro Estefanía, 2021

3.1.3. *Ganancia de peso, gramos*

(El Instituto Veterinario de Investigaciones en Peces Tropicales, 2017, p. 109), incluyendo la especie *Oreochromis sp* en la investigación experimental obtuvo en noventa días los siguientes resultados presentados: promedio de peso 310 g adicionando alimento tres veces por día con niveles de harina de lenteja de agua al 28% y con balanceado comercial con 45% de proteína, obteniendo un incremento de peso de 130 gramos por pez.

En la investigación realizada se obtuvieron mejores incrementos de peso estadísticamente con niveles de harina de lenteja de agua al 25%, superando de esta manera la investigación realizada por el Instituto, la razón principal fue la adecuada temperatura la cual permitió elevar el número de veces que se adicionó alimento a las tilapias rojas, además de ello el manejo en las jaulas fue monitoreado quincenalmente para mejores condiciones de productividad, y destacando que el nivel utilizado de Lemna fue menor que el utilizado por el IIPT.

Con este método de alimentación en noventa días los resultados fueron superiores a los que presento el Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales tal es el caso que; en el tratamiento testigo se obtuvo un promedio de peso de 200.06 g por tilapia roja, en este tratamiento los peces consumieron alimento cinco veces al día y en horas de mayor radiación solar.

En el tratamiento uno el alimento suministrado fue cuatro veces al día logrando un incremento de peso promedio de 202.20 g por pez; por otro lado, el recurso hídrico estuvo disponible las 24 horas tanto en cantidad como en calidad. En este tratamiento se superó los resultados presentados por este Instituto de Investigaciones, y sus resultados fueron similares al tratamiento testigo estadísticamente.

En el tratamiento dos se lograron un incremento promedio de peso de 231.29 g por tilapia roja, la causa de este bajo incremento a diferencia de los demás tratamientos se debe probablemente a lo expuesto por (Carrasco, 1999, p. 65), donde menciona que todos los mamíferos, peces y crustáceos deben cumplir con sus requerimientos nutricionales ni mayores ni menores para sus funciones vitales, ya que un exceso puede limitar su productividad y viceversa.

Finalmente, se pone en evidencia que en esta variable evaluada el tratamiento con mejores ganancias de peso se obtiene en el tratamiento tres con 25% de harina de Lemna, como se puede observar en la tabla 8-3.

No obstante, el crecimiento del híbrido es relativamente lento con una ganancia diaria aproximada de 0,6 g/pez cuando sólo se suministra esta planta en fresco (NRC, 1993); en cambio cuando se adiciona en forma de harina al alimento balanceado, la tasa de crecimiento aumenta el doble, mientras que la ganancia diaria se triplica (Nagy y cols. 2001. p .33).

3.1.4. Consumo de alimento

Según, Alimentación En Tilapias, (Nicovita, 2005, p. 65) el consumo de alimento en el cultivo intensivo de tilapia roja, está en relación a la edad y peso corporal del pez, considerando algunos porcentajes para cada semana de edad.

En la investigación realizada los porcentajes recomendados por este autor, se cumplieron en algunos tratamientos difiriendo de otros por los siguientes factores.

Al iniciar la investigación en todos los tratamientos el horario de alimentación fue a partir de las 09:00H hasta las 17:00H permitiendo adicionar cinco veces al día; este reducido horario de alimentación al día, no permitió cumplir con los porcentajes recomendados por (Nicovita, 2005), debido que la temperatura del agua no era la adecuada en las mañanas para iniciar una alimentación desde las 07H00 AM, considerando que en las primeras horas del día aún se encuentra el agua del estanque con bajos niveles de oxígeno a pesar del caudal.

En el tratamiento uno con 15% de harina de Lemna los peces consumían alimento en igual horario, bajo las mismas condiciones de manejo, alimento balanceado más el no convencional en este caso la Lemna, sin embargo, su consumo no era el esperado debido a las sobras de pellet que se observaban florando sobre el agua del estando, no logrando igualar los porcentajes recomendados por (Nicovita, 2005; FAO, 1983, p. 95).

En el tratamiento dos se aprecia que estadísticamente el consumo fue diferente a los demás tratamientos, fueron peces que prácticamente dejaban excesivo desperdicio de alimento, sin embargo, se debe considerar que el manejo a pesar de ser el mismo, si mostro diferente coloración del agua, no obstante, los niveles de Ph y los recambios de agua en el estanque principal se los realizo cada quince días.

Por lo tanto, la presente investigación logra resultados similares a los presentados por (Nicovita, 2005), en el tratamiento testigo porque, se logró asegurar un consumo al 100% de balanceado influyendo directamente en el peso final, conversión alimenticia y talla final.

3.1.5. *Conversión alimenticia*

Mundo Tilapia, 2011. p. 55, en su obra titulado “Alimentos Balanceados Para Tilapias” nos dice que la conversión alimenticia de la tilapia roja es de 1.2 a 1.8 Kg de alimento para convertir 1 Kg de carne.

La conversión alimenticia más eficiente se registró en el tratamiento testigo, con 1.40 g de alimento para convertir 1 g de carne; estos resultados se lograron al contar con una temperatura adecuada y asegurar el consumo de alimento balanceado evitando el desperdicio del mismo, lo que permitió igualar los parámetros de conversión alimenticia investigados por el autor antes mencionado; en el primer mes de edad del alevín, se suministró alimento peletizado más la Harina de Lemna que previamente fue mezclada con melaza, esta actividad se realizó en los tres tratamientos.

En el tratamiento uno y dos, existió desperdicio de alimento en la primera etapa, porque el alimento se adicionaba para todos los tratamientos en el mismo horario en donde los alevines no consumían alimento, reflejándose en una deficiente conversión alimenticia, este horario de alimentación se cambió al presentarse un elevado desperdicio de alimento.

En el tratamiento tres se obtuvo una conversión de 1.49, valores semejantes a los expuestos por Mundo Tilapia, 2011. p. 55, sin embargo, estadísticamente dicho valor es uno de los más bajos en la investigación de esta variable.

3.1.6. Mortalidad, porcentaje

(Aquatic, 2018. p. 33), menciona que, para el caso de Tilapia, una mortalidad promedio del ciclo (alevinaje, juvenil, crecimiento y engorde) estará entre el 15% y el 25% del total de peces sembrados, sin embargo, no se debe descartar la procedencia o genética de los alevines hablando en tema de rusticidad podría superar los valores expuestos.

(Castro Rivera, 2004); en su misma tesis titulada “Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis sp.*), en Bogotá” demuestra que la mortalidad en 1000 tilapias rojas en 120 días llega a 3.3 % lo cual equivale a 33 peces muertos.

La mortalidad se presentó en valores entre 1 a 3% en todos los tratamientos por diversos factores como: transporte, deficiente aclimatación en la siembra, y, ataque de plagas.

La mayor mortalidad que se registró fue en el tratamiento dos y similares resultados de mortalidad en los demás tratamientos como se puede apreciar en la tabla 8-3.

3.1.7. Evolución de la talla, centímetros

(Castro Rivera, 2004, p. 61); en su tesis titulada “Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis sp.*), en Bogotá” demuestra que la tilapia roja en 60 días llega a una longitud promedio de 10.17 cm.

En la presente investigación en el tratamiento dos se logran superar estos resultados en 75 días, demostrando que el tamaño del pez está relacionado con la adecuada alimentación, y factores adecuados para el hábitat.

El tratamiento uno, el tamaño de la tilapia roja fue bajo frente al resto de tratamientos. Debido que el consumo de alimento no fue al esperado y recomendado por (Church, 2006, p. 25), influyendo en su productividad.

El tratamiento dos registró el mayor tamaño promedio de tilapia roja con 14.09 cm, obteniéndose de igual manera valores cercanos en el tratamiento tres con 11.86 centímetros.

Demostrando que en la Amazonia Ecuatoriana se presentan factores adecuados para la producción de tilapia y la utilización de alimentos no convencionales mejoran los rendimientos productivos, aunque fue el tratamiento que no obtuvo los mejores resultados estadísticos, pero si numéricos sobrepasan los valores expuestos por (Castro Rivera, 2004, p.61).

Finalmente, el tratamiento testigo presenta resultados aceptables en esta variable con valores similares al tratamiento uno con un rango de diferencia mínimo, como se puede observar en la tabla 8-3.

3.2. Identificar la rentabilidad en cada tipo de tratamiento a través del indicador beneficio/costo.

En la presente investigación se utilizaron varios materiales de construcción propios de la zona, la alimentación de los alevines se determinó conforme a su biomasa y se añadieron valores extras de materiales que se utilizaron, mismos que se pueden observar en la siguiente tabla de egresos 9-3. Los ingresos totales fueron el resultado de la venta de los peces según el peso ganado durante toda la etapa experimental, en este caso, se cosecharon 141,50 libras de tilapia a \$2.00 dólares.

Tabla 9-3: Egresos

Parámetros	Valor (\$)
Construcción	25.00
Alimentación	37.30
Alevines	12,80
Melaza	5.00
Harina de Lemna	9.00

Elaborado por: Chamorro Estefanía, 2021

3.2.1. Beneficio /Costo

El indicador Beneficio/Costo nos indica que el experimento se realizó con un valor de alimentación de \$37,30 dólares. De los cuales \$7,30 pertenecen al tratamiento testigo, y \$10,00 dólares a los tres tratamientos con harina de Lemna siendo estos los más costosos, como se puede observar en el gráfico 3-3. Concluyendo así que el beneficio costo de esta investigación es de \$3,17 dólares.

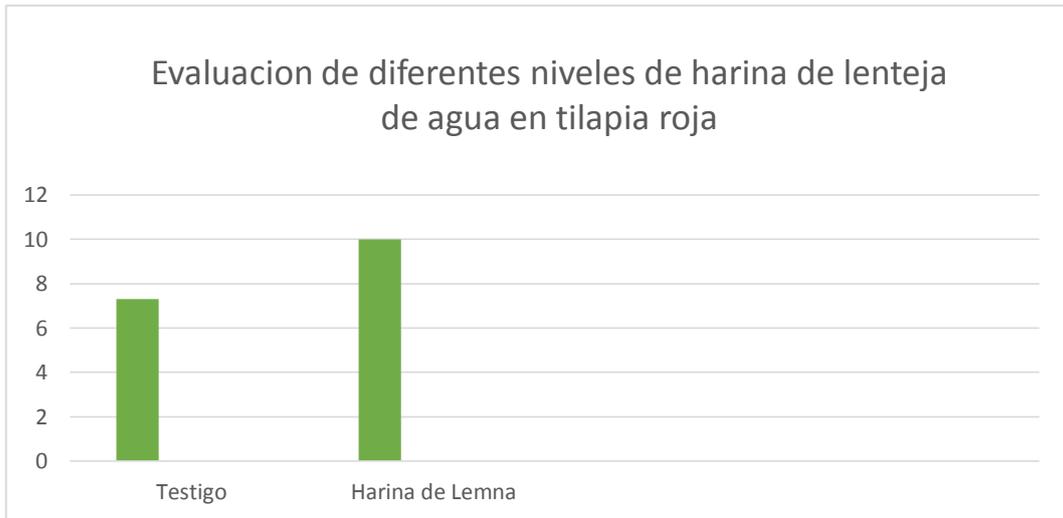


Gráfico 3-3. Beneficio / Costo

Elaborado por: Chamorro Estefanía, 2021

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concretar las siguientes conclusiones, de acuerdo a las condiciones que se desarrolló la presente investigación:

- La harina de Lemna puede ser utilizada como una fuente de proteína alternativa en la elaboración de alimento concentrado para tilapia roja (*Oreochromis spp.*), siempre y cuando se combine con otros ingredientes con alto contenido proteico.
- El nivel óptimo de inclusión de harina de Lemna donde se obtuvieron los mejores parámetros de crecimiento fue de 15% y en cuanto al peso 25%.
- La combinación de varios ingredientes con harina de Lemna como la melaza en las dietas experimentales no alteró la palatabilidad de las mismas.
- Desde el punto de vista económico, la inclusión de harina de Lemna representaría un ahorro significativo que contribuiría a la reducción de los costos de alimentación y consecuentemente los de producción, siempre y cuando se realicen los estudios de factibilidad para determinar los costos de recolección y procesamiento.

RECOMENDACIONES

El experimento realizado en la investigación proporciona las siguientes recomendaciones:

- Los estanques de producción con las jaulas flotantes deben estar libres de otro tipo de alimento natural, para asegurar el consumo del alimento balanceado y cubrir con los requerimientos nutricionales del pez asegurando un buen incremento de peso en el menor tiempo.
- Es muy importante conocer el peso de la biomasa para suministrar alimento de forma controlada y evitar desperdicios, que afectara a la conversión alimenticia.
- Para lograr un buen desarrollo productivo de la tilapia roja se debe monitorear salinidad, turbidez, pH, recambios controlados de agua, entre otros ya mencionados quincenalmente.
- Al momento de la siembra de los alevines, se debe realizar adecuadamente la aclimatación para evitar la mortalidad causada por un shock térmico en lapsos de tiempo entre cinco a ocho minutos.
- Suministrar harina de Lemna en cantidades recomendadas en el balanceado comercial reduce los costos de producción y genera mejores rendimientos productivos y económicos.

BIBLIOGRAFÍA

ALICORP. *Reproduccion y crecimiento de la tilapia.* S.A. Reciclaje de los residuales porcinos como una alternativa para reducir la contaminación del ambiente. En: Memorias Seminario Taller “Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Primer Seminario Internacional “Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico”. CIPAV. Lemna minuscula in Cambridge. Nature in Cambridgeshire, (2008), pp. 2-92.

BOCEK, A. *Alevin.* uso de la pulpa de pescado en la alimentación de híbridos de tilapia roja (*O. hornorum* X *O. mossambicus*) cultivados en jaulas de Puntarenas, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* (2009), pp. 23-55.

CACERES. phosphorus and nitrogen contents of *Azolla* grown in the Philippines. *Soil Science Plant Nutrition*, (2018), pp. 319-331

CARRASCO. Manual Práctico de Nutrición y Alimentación de peces de agua dulce. Centro de preparación acuícola de Manpostón. La Habana. (1999). pp. 10-66

CASTILLO, L. *Especies de tilapia.* España. Manual de Procedimientos Operacionales de Trabajo: POT-02.03.04. (2003). pp. 11-39.

CASTRO RIVERA, R. *Evaluación del crecimiento de alevines de tres.* México. (2004), p. 3.

CHARA. *Proteína de lalenteja de agua.* CUBA. La agroacuacultura”, Una alternativa para descontaminar y producir en: Memorias III Aniversario Internacional; Desa. (1998), pp. 43-67.

CHENN Y CHENG. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. A training manual 2. Nutrient sources and composition. FAO, (2011). p. 129

CHURCH. Géneros más apropiados para la piscicultura. Disponible en: <http://www.fao/generos.cu/sistemas/geo4.pdf>. (2006), p. 25-77.

COWEY, B. Comercio pesquero responsable y seguridad alimentaria. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2006. Parte 3. Puntos destacados de estudios especiales. (1981), pp. 2-64. Disponible en <http://www.fao.org>. Consultado, Mayo, 2007.

COWEY, B. *Oreochromis sp.* Duckweeds a potential high protein feed resource for domestic animal fish. Armidales, University of New England, Center for Duck weed Research and development. (1981). pp. 25-30.

DARK. Estrategias para el aprovechamiento de las hidrófitas en el cultivo de peces. Monográfico especial de Acuicultura. Vol. V, No.2. (2017), p. 7. REDVET. Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>

FAO. Diagnóstico general y tendencias en relación con la ganadería y el medio ambiente. Revista ACPA No.2, (1983). pp. 134 - 142.

GREEN, B. *Generalidades de la tilapia.* aquap. (1991), pp. 1-105.

GUTIERREZ et al. Producción de las plantas acuáticas Lemna minor y Azolla filiculoides y su uso Conjuntamente con la harina de pescado en raciones para cerdos. Tesis de grado de Ingeniero Agrónomo. UCV. Maracay. Venezuela Ingram, A. (2002). pp. 14-44.

LARA, F. et al. *LA TILAPIA EN ECUADOR.* (2002). pp. 88.

LAWNCE. Duckweeds (Lemnaceae family): a potential source of protein and amino acids. (2018), p.6.

LENG et al. em, Shi, S. y Wan, X. 2000. The purify efficiency and mechanism of aquatic plants in ponds. (1995). pp. 28- 348.

LIANG. Effect of water spinach and duckweed on fish growth performance in poly-culture ponds. Livestock Research for Rural Development. Volume 20, (1971). pp. 34-108. Article #16. Retrieved March 13, 2008, from. Disponible en: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd20/1/sant20016.htm>

LOOR. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. (2008), pp. 13-14.

LOZANO, D. & LÓPEZ, F. *Estudio de la Tilapia.* (2009). pp. 1-96.

MENÉNDEZ, L. Alimentación de los peces y sostenibilidad. (1985), pp. 5-35. Disponible en: <http://www.onu.org/cu/uunn/sostenibilidad/peces/geo4-4.pdf>

MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN DEL PERÚ. *La Acuicultura en el Perú.* Lima. (2004). pp. 1- 75.

NICOVITA. *Manual de Crianza de Tilapia.* Lima. (2005). pp. 2-190.

WIKIPEDIA. *TILAPIA MARIAE* (en línea). (2010). Obtenido de http://es.wikipedia.org/wiki/Tilapia_mariae

ANEXOS

ANEXO A: PESO INICIAL (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.)

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	1.4	1.7	1.6	1.5	6.2	1,55
Harina de Lemna (15 %)	1.4	1.7	1.6	1.7	6.4	1,60
Harina de Lemna (20 %)	1.4	1.7	1.5	1.4	6.00	1,50
Harina de Lemna (25 %)	1.6	1.5	1.6	1.4	6.10	1,53
Promedio General						1,55
Desviación Estándar						39,21
Coefficiente de Variación						8,31

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0,02	3	0,01	0,44	<0,7266
Error	0,20	12	0,02		
Total	<u>0,22</u>	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	1,55	4	0,06	A
Harina de Lemna (15 %)	1,60	4	0,06	A
Harina de Lemna (20 %)	1,50	4	0,06	A
Harina de Lemna (25 %)	1,53	4	0,06	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO B: PESO FINAL (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.)

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	201.43	202.45	201.56	201.0	806,44	201,61
Harina de Lemna (15 %)	201.54	206.22	203.54	203.88	815,18	203,80
Harina de Lemna (20 %)	230.96	234.98	233.67	231.55	931,16	232,79

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	3263,92	3	1087,97	146,41	<0,0001
Error	89,17	12	7,43		
Total	<u>3353,09</u>	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	201,61,	4	1,36	AB
Harina de Lemna (15 %)	203,80	4	1,36	B
Harina de Lemna (20 %)	232,79	4	1,36	C
Harina de Lemna (25 %)	196,00	4	1,36	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO C: GANANCIA DE PESO (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.)

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	200.03	200.75	199.96	199,50	800,24	200,06
Harina de Lemna (15 %)	200.14	204.52	201.94	202.18	808,78	202,20
Harina de Lemna (20 %)	229.56	233.28	232.17	230.15	924,16	231,29
Harina de Lemna (25 %)	197.27	190.95	199.50	190.16	777,88	194,47
Promedio General						207,00
Desviación Estándar						39,21

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
------	------	-----	----	---	---------

Tratamiento	3273,03	3	1091,01	156,55	<0,0001
Error	83,63	12	6,97		
Total	<u>3356,66</u>	15			

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	200,06	4	1,32	B
Harina de Lemna (15 %)	202,20	4	1,32	B
Harina de Lemna (20 %)	231,29	4	1,32	C
Harina de Lemna (25 %)	194,47	4	1,32	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				

ANEXO D: CONSUMO ALIMENTO (GR) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	276	280	288	274	1118,00	279,50
Harina de Lemna (15 %)	320	312	317	316	1265,00	316,25
Harina de Lemna (20 %)	359	355	356	358	1428,00	357,00
Harina de Lemna (25 %)	290	287	292	286	1155,00	288,75
Promedio General						310,38
Desviación Estándar						39,21
Coefficiente de Variación						1,25

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	14517,25	3	4839,08	321,71	<0,0001
Error	180,50	12	15,04		
Total	<u>14697,75</u>	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey (P≤0,05)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	279,50	4	1,94	A
Harina de Lemna (15 %)	316,25	4	1,94	B

Harina de Lemna (20 %)	357.00	4	1,94	C
Harina de Lemna (25 %)	288.75	4	1,94	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO E: CONVERSIÓN ALIMENTICIA DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.)

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	1.38	1.39	1.44	1.37	5,58	1,40
Harina de Lemna (15 %)	1.60	1.53	1.57	1.56	6,26	1,56
Harina de Lemna (20 %)	1.56	1.52	1.53	1.56	6,17	1,54
Harina de Lemna (25 %)	1.47	1.50	1.46	1.50	5,93	1,49
Promedio General						1,50
Desviación Estándar						39,21
Coefficiente de Variación						1,72

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0,07	3	0,02	33,83	<0,0001
Error	0,01	12	6,6E-04		
Total	<u>0,08</u>	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	1.40	4	0,01	A
Harina de Lemna (15 %)	1.56	4	0,01	B
Harina de Lemna (20 %)	1.54	4	0,01	C
Harina de Lemna (25 %)	1.49	4	0,01	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)				

ANEXO F: NÚMERO FINAL DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.)

- Resultados Experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	18	18	19	18	73	18,25
Harina de Lemna (15 %)	18	17	17	19	71	17,75
Harina de Lemna (20 %)	18	16	17	16	70	17,50
Harina de Lemna (25 %)	18	19	17	18	72	18,00
Promedio General						17,88
Desviación Estándar						3,21
Coefficiente de Variación						5,30

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	2.50	3	0,83	0,74	0,5479
Error	13.50	12	1,13		
Total	16.00	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de tukey ($p \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	N	E.E.	Rango
Testigo (0%)	18,25	4	0,53	A
Harina de Lemna (15 %)	17,75	4	0,53	A
Harina de Lemna (20 %)	17,50	4	0,53	A
Harina de Lemna (25 %)	18,00	4	0,53	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO G: MORTALIDAD (%) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO	
	I	II	III	IV			
Testigo (0 %)	2	2	1	2	7	1,75	
Harina de Lemna (15 %)	2	3	3	1	9	2,25	
Harina de Lemna (20 %)	2	4	3	4	13	3,25	
Harina de Lemna (25 %)	2	1	3	2	8	2,00	
Promedio General							2,31
Desviación Estándar							3,21
Coefficiente de Variación							3,30

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	62.50	3	20,83	0,74	0,5479
Error	337,50	12	28,13		
Total	400.00	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de tukey ($p \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	1,75	4	2,65	A
Harina de Lemna (15 %)	2,25	4	2,65	A
Harina de Lemna (20 %)	3,25	4	2,65	A
Harina de Lemna (25 %)	2,00	4	2,65	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO H: TALLA INICIAL (CM) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	0.5	0.7	0.5	0.5	2,20	0,55
Harina de Lemna (15 %)	0.6	0.5	0.5	0.7	2,30	0,58
Harina de Lemna (20 %)	0.6	0.6	0.7	0.5	2,40	0.60
Harina de Lemna (25 %)	0.5	0.7	0.7	0.6	2,50	0,63
Promedio General						0,59
Desviación Estándar						39,21
Coefficiente de Variación						15,92

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	0.01	3	4,2E-03	0,48	0,7047
Error	0.11	12	0,01		
Total	0.12	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de tukey ($p \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	0,55	4	0.05	A
Harina de Lemna (15 %)	0,58	4	0,05	A
Harina de Lemna (20 %)	0,60	4	0,05	A
Harina de Lemna (25 %)	0,63	4	0,05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO I: TALLA FINAL (CM) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*)

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO
	I	II	III	IV		
Testigo (0 %)	9,44	9.65	9.47	9.03	37,59	9,40
Harina de Lemna (15 %)	9.16	8.90	9.49	9.55	37,10	9,28
Harina de Lemna (20 %)	14.56	14.89	14.90	14.40	58,75	14,69
Harina de Lemna (25 %)	12.56	12.59	12.88	11.90	49,93	12,48
Promedio General						11,46
Desviación Estándar						39,21
Coefficiente de Variación						2,74

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	81,96	3	27,32	277,48	< 0.0001
Error	1,18	12	0,10		
Total	83,14	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de tukey ($p \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	9,40	4	0.16	A
Harina de Lemna (15 %)	9,28	4	0,16	A
Harina de Lemna (20 %)	14,69	4	0,16	B
Harina de Lemna (25 %)	12,48	4	0,16	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO J: EVALUACIÓN DE TALLA (CM) DE ALEVINES DE TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP.)

- Resultados experimentales

Tratamiento	Repeticiones				SUMA	PROMEDIO	
	I	II	III	IV			
Testigo (0 %)	8.94	8.95	8.97	8.53	35,39	8.85	
Harina de Lemna (15 %)	8.56	8.40	8.99	8.85	34,80	8,70	
Harina de Lemna (20 %)	13.96	14.29	14.20	13.90	56,35	14,09	
Harina de Lemna (25 %)	12.06	11.89	12.18	11.30	47,43	11.86	
Promedio General							10,88
Desviación Estándar							39,21
Coefficiente de Variación							2,54

- Análisis de varianza

F.V.	S.C.	gl.	CM	F	P-valor
Tratamiento	80,51	3	26,84	352,71	< 0.0001
Error	0,91	12	0,08		
Total	81,42	15			

- Medias y asignación de rangos de acuerdo a la prueba de tukey ($p \leq 0,05$)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	Rango
Testigo (0%)	8.85	4	0.14	A
Harina de Lemna (15 %)	8.70	4	0,14	A
Harina de Lemna (20 %)	14.09	4	0,14	B
Harina de Lemna (25 %)	11.86	4	0,14	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)