

**EVALUACIÓN DE ENSILAJE BIOLÓGICO DE RESIDUOS DE PESCADO EN LA
ALIMENTACIÓN DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp*)**



**CRÍSPULO PEREA ROMÁN
YENY JUDITH GARCÉS CAICEDO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2010**

**EVALUACIÓN DE ENSILAJE BIOLÓGICO DE RESIDUOS DE PESCADO EN LA
ALIMENTACIÓN DE TILAPIA ROJA (*Oreochromis spp*)**



**CRÍSPULO PEREA ROMÁN
YENY JUDITH GARCÉS CAICEDO**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación como requisito para optar
al título de Ingenieros Agropecuarios**

**Directores
Esp. JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA
M.Sc. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2010**

DEDICATORIA

Críspulo Perea Román

A Dios por darme la vida y la salud para terminar esta etapa de mi vida, a mi madre María de Jesús Román, a mi tía Olga María Román, a mis hermanos Yerlin Fernando, Ingrid Paola, Yina Eloísa, Ana María y Ana Yiluz. A mis sobrinas Danna Nicolle y Yelisa Paola, a Yeny Judith, a mi gran amigo José Luis Hoyos, a mi abuela Oralia Román (q.e.p.d) y a mi padre de crianza Roberto Torres (q.e.p.d), a quienes les agradezco por todo y por haberme apoyado en este anhelado sueño, sé que en cualquier parte que estén me seguirán deseando lo mejor en cada una de las decisiones que tome. A cada uno de ustedes les dedico este aliciente que dará a mi vida una razón de ser, de existir y de realizar todos mis sueños.

Yeny Judith Garcés Caicedo

A mi familia por brindarme todo el apoyo, cariño necesario para dar este paso en mi vida, a mi madre querida Teresita Lenis Caicedo por el esfuerzo, a mi padre Daniel Garcés Aragón por la confianza, a mis hermanos Eva María, Paola, Daniel, Gladis, Arley, María por el amor, a mis amigos por la amistad y a todos los que me acompañaron en este camino.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a todas las personas e instituciones que hicieron posible este anhelado sueño.

A la Universidad del Cauca, por todo el conocimiento adquirido y por brindarnos los espacios para la realización de la investigación.

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por financiar nuestro trabajo de grado en el marco del proyecto valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la Tilapia roja (*Oreochromis spp*) en la represa "La Salvajina" Municipio de Suárez – Cauca.

Al Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca – CREPIC, por todo el apoyo administrativo.

Queremos agradecer especialmente a nuestro director José Luis Hoyos Concha, al cual le pedimos a Dios que haga posible todos sus sueños.

A nuestro director Nelson José Vivas Quila, por todo el apoyo, las asesorías y por los conocimientos brindados.

Al profesor Víctor Felipe Terán, por todo el apoyo y asesorías para la construcción de las jaulas, infraestructura y por todo el conocimiento brindado.

A la Doctora Luz Stella Muñoz y al Instructor de laboratorio, Zootecnista Fernando Estrada de la Universidad Nacional – Palmira, por las asesorías brindadas en estudios de digestibilidad.

Al profesor Noe Alban, por la ayuda con los contactos en la Universidad de Nariño para el análisis de las muestras.

A las asociaciones de producción piscícola de la represa La Salvajina (ASOPIM, APISMO y ASPROINCA), por todo el apoyo y por haber permitido trabajar con ellos en esta investigación.

A nuestro amigo Eiver Julián Gallego, por el apoyo brindado en la construcción de la infraestructura para el ensayo.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Los directores y los jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentran satisfactorio.

Esp. JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA
Director

M.Sc. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA
Director

Esp. GUILLERMO A. SOTELO
Presidente del jurado

M. Sc. SANDRA MORALES
Jurado

Popayán. 24 de Agosto de 2010

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO TEÓRICO	19
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TILAPIA	19
1.1.1 Clasificación taxonómica de la Tilapia	19
1.1.2 Biología de la especie	20
1.1.3 Morfología externa e interna de la Tilapia	21
1.1.3.1 Morfología externa	21
1.1.3.2 Morfología interna	21
1.1.4 Fisiología digestiva de la Tilapia	22
1.1.5 Hábito alimenticio de la Tilapia	23
1.2 LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA A NIVEL NACIONAL Y EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA	24
1.3 ALIMENTACIÓN	26
1.3.1 El ensilaje como alternativa de alimentación piscícola	27
1.3.2 Jaulas metabólicas como alternativa de evaluación alimenticia	29
1.4 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA TILAPIA ROJA EN LA FASE DE ENGORDE	29
2. METODOLOGÍA	31
2.1 LOCALIZACIÓN	31
2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	31

	pág.
2.3 SELECCIÓN Y MANEJO DE LOS PECES	32
2.3.1 Adecuación y desinfección de las jaulas	33
2.3.2 Tratamiento profiláctico	34
2.3.3 Cambio y recambio de agua	34
2.4 INSTALACIONES Y EQUIPOS	36
2.4.1 Jaulas metabólicas	36
2.4.2 Adecuación de infraestructura	37
2.4.3 Instalación de sistema de aireación	39
2.4.4 Instalación y calibración de los termostatos	39
2.5 ACOSTUMBRAMIENTO	40
2.6 ALIMENTACIÓN	40
2.6.1 Preparación de las dietas	40
2.6.2 Evaluación de las dietas	43
2.7 RECOLECCIÓN DE HECES	44
2.8 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA	45
2.9 ANÁLISIS DE MUESTRAS	46
2.10 MEDICIÓN DE RENDIMIENTO (PESO Y TALLA)	46
2.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
3.1 ESTANDARIZACIÓN DE LAS DIETAS EVALUADAS	49
3.2 DIGESTIBILIDAD APARENTE	50

	pág.
3.2.1 Digestibilidad aparente total (DAT)	50
3.2.2 Digestibilidad aparente de nutrientes (DAN)	52
3.2.2.1 Digestibilidad aparente de materia seca.	52
3.2.2.2 Digestibilidad aparente de extracto etéreo.	54
3.2.2.3 Digestibilidad aparente de cenizas.	56
3.2.2.4 Digestibilidad aparente de proteína cruda.	58
3.2.2.5 Digestibilidad aparente de energía bruta.	59
3.2.2.6 Digestibilidad aparente de minerales (Calcio y Fósforo).	61
3.2.2.7 Digestibilidad aparente de fibra cruda.	63
3.3 RENDIMIENTO	65
3.3.1 Ganancia de peso	65
3.3.2 Incremento de talla	68
3.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA (CA)	71
4. ANÁLISIS ECONÓMICO	74
5. CONCLUSIONES	76
6. RECOMENDACIONES	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	86

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja en la fase de engorde	29
Cuadro 2. Análisis proximal del ensilaje biológico de Tilapia roja en base Seca (g/100g)	32
Cuadro 3. Porcentajes de materia seca y humedad registrada para cada dieta	41
Cuadro 4. Peso promedio y desviación estándar de los pellets para cada uno de los tratamientos	44
Cuadro 5. Resultado análisis fisicoquímico de agua	45
Cuadro 6. Composición nutricional de dietas para Tilapia roja en la fase de engorde con inclusión del 0%, 10%, 20% y 30% de ensilaje biológico de residuos de pescado.	49
Cuadro 7. Porcentaje de humedad y materia seca final registrado en las Dietas	49
Cuadro 8. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente Total (DAT)	50
Cuadro 9. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de Materia Seca (DAMS)	52
Cuadro 10. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de Extracto Etéreo (DAEE)	54
Cuadro 11. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de Cenizas (DACE)	56
Cuadro 12. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente Proteína Cruda (DAPC)	58
Cuadro 13. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente Energía bruta (DAEB)	60
Cuadro 14. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de calcio (DACa)	61
Cuadro 15. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de fósforo (DAP)	61

	pág.
Cuadro 16. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de Fibra Cruda (DAFC)	64
Cuadro 17. Resultados ANAVA ganancia de peso	66
Cuadro 18. Resultados ANAVA incremento de talla	69
Cuadro 19. Resultados ANAVA conversión alimenticia (CA)	71
Cuadro 20. Costo por kilogramo y por bulto de concentrado para cada una de las dietas evaluadas	74

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Morfología externa de la Tilapia	21
Figura 2. Morfología interna de la Tilapia	22
Figura 3. Proceso de selección, captura y transporte de los peces	33
Figura 4. Diseño de las jaulas metabólicas	34
Figura 5. Adecuación de infraestructura	35
Figura 6. Representación de la distribución de jaulas y sistema de tuberías	36
Figura 7. Adecuación del sistema de tuberías y distribución de jaulas	37
Figura 8. Sistema de aireación instalado	37
Figura 9. Instalación de los termostatos en las jaulas	38
Figura 10. Tratamiento profiláctico	38
Figura 11. Cambio y recambio de agua empleado en el ensayo	39
Figura 12. Desinfección y limpieza de tanques y filtros	40
Figura 13. Proceso de tamizado, pesaje, mezclado y marcado de las dietas	41
Figura 14. Proceso de preacondicionamiento de las dietas	42
Figura 15. Proceso de peletización y secado de las dietas	43
Figura 16. Recolección de heces	45
Figura 17. Medición de peso y talla	47
Figura 18. DAT promedio obtenida	51
Figura 19. DAMS promedio obtenida	53
Figura 20. DAEE promedio obtenida	55

	pág.
Figura 21. DACE promedio obtenida	57
Figura 22. DAPC promedio obtenida	58
Figura 23. DAEB promedio obtenida	60
Figura 24. DACa promedio obtenida	62
Figura 25. DAP promedio obtenida	62
Figura 26. Prueba de promedio para DAFC	64
Figura 27. Biomasa por tratamiento obtenida en los días evaluados	65
Figura 28. Biomasa total ganada por tratamiento	66
Figura 29. Talla promedio obtenida por tratamiento en los días evaluados	68
Figura 30. Incremento de talla obtenida por tratamiento	69
Figura 31. Conversión alimenticia promedio obtenida	72

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T0	87
Anexo B. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T1	88
Anexo C. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T2	89
Anexo D. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T3	90
Anexo E. Heces recolectadas por cada tratamiento y por repetición (g)	91
Anexo F. Protocolo para la medición de oxígeno disuelto (OD), (Test: 0 – 82).	92
Anexo G. Protocolo para la medición de demanda química de oxígeno (DQO), Met: 26 (Test: 0 – 26).	93
Anexo H. Protocolo para la medición de alcalinidad de carbonatos (CaCO_3), Met: 151 (Test: 0 – 15).	94
Anexo I. Protocolo para la medición de pH, Met: 72 (Test: 72).	95
Anexo J. Protocolo para la medición de demanda biológica de oxígeno (DBO_5), Met: 822.	96
Anexo K. Resultado análisis proximal de las dietas evaluadas.	97
Anexo L. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T0	98
Anexo M. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T1	99
Anexo N. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T2	100
Anexo Ñ. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T3	101

GLOSARIO

CAMBIO DE AGUA: proceso mediante el cual se sustituye el 80% del agua del sistema, para remplazarla por agua nueva.

DIGESTIBILIDAD: es la proporción de alimento ingerido que no aparece en las heces, por lo tanto, se asume que es utilizable por el animal luego de su absorción en el tracto digestivo. No tiene en cuenta las pérdidas por metano (eructo). Se expresa en porcentaje (%).

DIGESTIBILIDAD APARENTE: es la diferencia entre la cantidad ingerida de nutriente y la cantidad de ese nutriente que aparece en las heces.

ENSILAJE BIOLÓGICO DE RESIDUOS DE PESCADO: consiste en la utilización de los subproductos de proceso de eviscerado y fileteado, los cuales al ser mezclados con una fuente de carbono (melaza o harinas) y al adicionarle un inóculo (*Lactobacillus*) ocurre un proceso fermentativo, generando un producto con características deseables y de alto valor nutricional para la alimentación animal.

RECAMBIO DE AGUA: consiste en filtrar el 40% del agua de las jaulas diariamente para reutilizarla en el sistema nuevamente.

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp*) con 3 niveles de inclusión, 10% (T1), 20% (T2), 30% (T3), más una dieta testigo 0% (T0) la cual no presenta inclusión de ensilaje. Para ello, se determinó la digestibilidad aparente total (DAT) y de cada uno de los nutrientes (digestibilidad aparente de materia seca- DAMS, digestibilidad aparente de extracto etéreo - DAEE, digestibilidad aparente de cenizas- DACE, digestibilidad aparente de fibra cruda - DAFC, digestibilidad aparente de proteína cruda - DAPC, digestibilidad aparente de energía bruta - DAEB y digestibilidad aparente de minerales Ca y P –DACa y DAP), por la metodología de óxido crómico (Cr_2O_3) como marcador inerte. También se evaluaron los parámetros de rendimiento (ganancia de peso y talla), así como la conversión alimenticia de las dietas. Se utilizaron 48 juveniles de tilapia roja con un peso promedio de $132,37 \pm 15,76$ g y $20,14 \pm 0,90$ cm de talla, estas se colocaron en jaulas metabólicas de 48 litros, y fueron sometidas a colecta de heces diariamente durante 42 días por sedimentación. Los parámetros de rendimiento se evaluaron cada 14 días y la conversión alimenticia se determinó para toda la etapa de evaluación.

El diseño utilizado fue completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones, y mediante una prueba promedio por el método de Tukey se determinó si las dietas evaluadas presentaban diferencias significativas. Los resultados permitieron deducir que no se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para DAT, DAMS, DAEE, DACE, DAPC, DAEB, DACa y DAP entre los tratamientos asignados, pero si para DAFC siendo mejor T0. En cuanto a los parámetros de rendimiento (ganancia de peso y talla) se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las dietas evaluadas, siendo mejor para la ganancia de peso T3 y T2, y para la ganancia de talla T3. En la conversión alimenticia no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Palabras claves: Digestibilidad aparente, alimentación, ensilaje biológico, nutrientes, tilapia roja, rendimiento y conversión alimenticia.

ABSTRACT

In the present study we evaluated the biological silage of fish residues for feeding Red Tilapia (*Oreochromis* spp) with 3 levels of inclusion, 10 % (T1), 20 % (T2), 30 % (T3), more a witness diet 0 % (T0) that does not present silage inclusion. For this reason, the Total Apparent Digestibility (TAD) and was determined and for each nutrient (DAMS, DAEE, DACE, DAFC, DAPC, DAEB, DACa and DAP), using the methodology of chromic oxide (Cr_2O_3) as an inert marker. We also evaluated the performance parameters (weight and height gaining), as well as the food conversion of diets. 48 juvenile of red tilapia were used with an average $132,37 \pm 15,76$ g weight and $20,14 \pm 0,90$ cm height that were placed in metabolic cages with a capacity of 48 liters and were submitted to stools every day for 42 days for sedimentation. The parameters of performance were evaluated every 14 days and the food conversion was determined for the whole evaluation.

The design we used was completely at random with 4 treatments and 3 repetitions, and through an average test with the Tukey method we determined if the evaluated diets were presenting significant differences among them. The results permitted us to deduce that they did not have significant differences ($p < 0.05$) for DAT, DAMS, DAEE, DACE, DAPC, DAEB, DACa and DAP among the assigned treatments, except for DAFC being better T0. About the performance parameters (weight and height) some significant differences appeared ($p < 0.05$) among the evaluated diets, being better for weight gaining T3 and T2, and for height gaining T3. In food conversion they did not present significant differences among the treatments.

Keywords: Apparent digestibility, Feeding, Biological silage, nutrients, Red Tilapia, Performance and Food Conversion.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de pescado, crustáceos y moluscos para 2004, 2005 y 2006 llegó a 140.5, 142.7 y 143.6 millones de toneladas respectivamente. De esta actividad, aproximadamente el 53% está representada en la pesca de captura y el 47% en acuicultura. Para el 2006, mas de 110 millones de toneladas (77 %) de la producción mundial de pescado se destinaron al consumo humano directo; el 29% de esta cantidad se consumió en conserva y preparado, 50% como producto congelado y 21% como producto curado¹.

La cantidad de pescado convertida en harina para el 2006 equivale a 20,2 millones de toneladas; esta conversión en harina representó cerca de una tercera parte del total de la pesca de captura. El pescado utilizado como materia prima para la producción de piensos durante esa fecha, correspondió casi a una cuarta parte del total de la producción pesquera².

La acuicultura en Colombia ha venido creciendo de manera considerable en las últimas décadas, pero el alto costo del concentrado que representa entre el 50 al 70 % del total de producción, hacen que esta actividad resulte poco rentable para pequeños y medianos productores.

El departamento del Cauca cuenta con un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, y entre ella, la producción de Tilapia roja, la cual se viene realizando por pequeños y medianos productores organizados en asociaciones (Asociación de Piscicultores de Mindalá - ASOPIM, Asociación de Piscicultores de Morales - APISMO y Asociación de Piscicultores Indígenas del Cauca - ASPROINCA) en la represa La Salvajina (Municipios de Suárez y Morales); pero esta actividad está siendo limitada en la zona debido a la baja rentabilidad por los elevados costos en la producción y por el impacto ambiental que se está generando como consecuencia de la inadecuada disposición de los residuos de actividad piscícola.

Debido a lo anterior, se realizó esta investigación con el objeto de disminuir el impacto ambiental generado por la inadecuada disposición de los residuos, se propuso aprovecharlos como alternativa de alimentación en la fase de engorde de Tilapia roja, con inclusión de ensilaje biológico y generar mayor rentabilidad de la actividad piscícola disminuyendo los costos de alimentación, evaluando la digestibilidad aparente y los parámetros zootécnicos de dietas

¹FAO. Estado mundial de la pesca y la acuicultura. ISSN 1020-5500, 2008.

²FAO, Estado mundial de la pesca y la acuicultura. 2000 - 2008.

Para el desarrollo de la presente investigación, se realizaron balances de dietas para Tilapia roja en la fase de engorde con tres niveles de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Se efectuó evaluación en los parámetros zootécnicos (ganancia de peso, incremento de talla y conversión alimenticia), y en la digestibilidad aparente total y de los nutrientes (materia seca, proteína cruda, energía bruta, extracto etéreo, fibra cruda, cenizas, calcio y fósforo) en jaulas metabólicas para analizar el comportamiento de los peces cuando son alimentados con dietas que contienen diferentes niveles de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado.

La metodología propuesta para este estudio, permitió la evaluación de dietas con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado en la fase de engorde de la Tilapia roja (*Oreochromis* spp), obteniendo altos rendimientos en los parámetros zootécnicos y en la digestibilidad aparente total y de los nutrientes evaluados, por lo que puede afirmarse que la inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado resulto ser una buena alternativa para la alimentación de Tilapia roja en la fase de engorde; y además, ayuda a disminuir el impacto ambiental generado por la mala disposición de los residuos de la actividad piscícola en la represa La Salvajina.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TILAPIA

La Tilapia, especie de agua dulce, es un híbrido resultante del cruce entre dos, tres o cuatro especies del género *Oreochromis* (*O. mossambicus* cruzada con *O. niloticus*, *O. aureus* u *O. hormorum*) con las siguientes características: alto porcentaje de masa muscular, filetes grandes, ausencia de espinas intermusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura de carne, una coloración de buena aceptabilidad en el mercado y además es considerada de suma importancia como fuente de alimento³. Dadas sus características de alto valor nutritivo, hace atractivo su consumo⁴. Adicionalmente, ha ganado popularidad entre los productores y consumidores por su semejanza con especies marinas de gran valor económico (Sea Bagres, Pargos y el Red Snapper), por su fina textura y suave sabor, por su cultivo potencial en aguas continentales, salobres y saladas, que la hacen una especie ideal para la piscicultura semi-comercial y comercial. No obstante, a diferencia de otras especies de Tilapia, la Tilapia roja demanda atenciones técnicas considerables en su proceso de cultivo, ya que por ejemplo, requiere ambientes con temperaturas entre los 24 y 30°C, alimentación con concentrado comercial y protección especial en todas las etapas, por cuanto es vulnerable a la predación, dado que carece de mimetismo natural⁵.

1.1.1 Clasificación taxonómica de la Tilapia. El término “tilapia” proviene de un género que contenía una gran cantidad de especies de peces africanos y del Medio Oriente. Luego las especies fueron separadas según sus hábitos reproductivos. Las especies de mayor interés en la acuicultura son clasificadas actualmente en el género *Oreochromis*, las tilapias que presentan incubación bucal materna de los embriones y peces-larvas, pertenecen a la clase Osteichthyes; Orden Perciformes; Familia Cichlidae (caracterizados por tener su línea lateral separada en 2 partes; son peces distribuidos principalmente en África y en el Medio Oriente). Los Cíclidos nativos de Latinoamérica son el guapote, la mojarra y el congo, etc. Las “tilapias” fueron introducidas en toda la región Latinoamericana durante el período desde 1950 - 1970; son cultivadas en muchas partes del mundo con clima tropical o subtropical. Durante mucho tiempo, la tilapia fue considerada como un “pez milagroso” o “pollo de agua”, capaz de proveer

³FAO. Evaluación y aprovechamiento de la cachama cultivada, como fuente de alimento. [Consultado mayo de 2010]. Disponible en Internet en <<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB494S/AB494S02.htm#ch11>>

⁴CASTILLO, C. Luis Fernando. Tilapia Roja: Una evolución de 22 años, de la incertidumbre al éxito. 2003

⁵FITZGERALD, W.J. the red orange tilapia: a hybrid that could become a world favorite. Fish Farming International. 6(1):26-27. 1979

alimentos (proteína animal) y mejorar la dieta de todos los pobres, una solución potencial al problema del hambre en el mundo⁶.

Clasificación taxonómica de la tilapia⁷:

Phyllum	:	Vertebrata
Sub Phylum	:	Craneata
Super clase	:	Gnostomata
Serie	:	Piscis
Clase	:	Teleostomi
Sub clase	:	Actinopterigii
Orden	:	Perciformes
Sub orden	:	Percoidei
Familia	:	Cichlidae
Género	:	Oreochromis
Especie	:	<i>Oreochromis</i> spp

1.1.2 Biología de la especie. Según Callao Carmen de la Legua⁸, la tilapia presenta el siguiente comportamiento biológico:

- Rango de pesos adultos: 1000 - 3000 gramos.
- Edad de madurez sexual: Machos (4 - 6 meses), hembras (3 - 5 meses).
- Número de desoves: 5 - 8 veces/año.
- Temperatura de desove: rango 25 - 31°C.
- Número de huevos/hembra/desove: bajo buenas condiciones mayor de 1000 huevos hasta un promedio de 1500 dependiendo de la hembra.
- Vida útil de los reproductores: 2 - 3 años.
- Tipo de incubación: bucal.
- Tiempo de incubación: 3 - 6 días.
- Proporción de siembra de reproductores: 1.5 - 2 machos por cada 3 hembras.
- Tiempo de cultivo: bajo buenas condiciones de 7 - 8 meses, cuando se alcanza un peso comercial de 300 gramos (depende de la temperatura del agua, variación de temperatura día/noche, densidad de siembra y técnica de manejo).

⁶POPMA, T.J. y B. W. Green. Sex Reversal of Tilapia in Earthen Ponds. International Center of Aquaculture, Auburn University, Alabama, USA. 1990

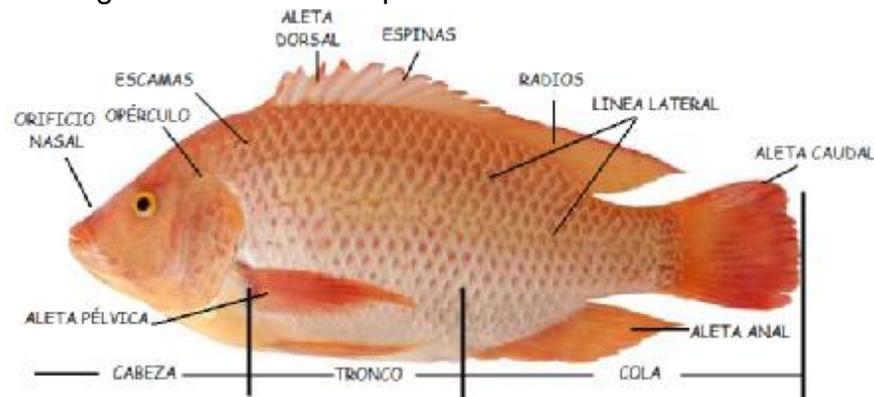
⁷Vice Ministerio de Pesquería, Dirección Nacional de Acuicultura. Ministerio de la Producción. Cultivo de Tilapia. Lima, Perú. 2004

⁸CALLAO, Carmen de la Legua. Alicorp S.A. Lima, Perú. [Consultado Mayo de 2010] Disponible en: <<http://www.alicorp.com.pe>>

1.1.3 Morfología externa e interna de la Tilapia. Para la realización de estudios de digestibilidad en animales, es relevante conocer cada una de sus partes anatómicas internas y externas.

1.1.3.1 Morfología externa. Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido y discoidal, raramente alargado. La boca es protáctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Para su locomoción poseen aletas pares e impares. Las aletas pares las constituyen las pectorales y las ventrales; las impares están constituidas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta. La aleta caudal es redonda, trunca y raramente cortada, como en todos los peces, esta aleta le sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación y al lanzarse en el agua⁹. A continuación en la figura 1 se ilustra la morfología externa de la tilapia.

Figura 1. Morfología externa de la tilapia



Fuente: GUIDO, Hernán. Manual del participante. 2010¹⁰

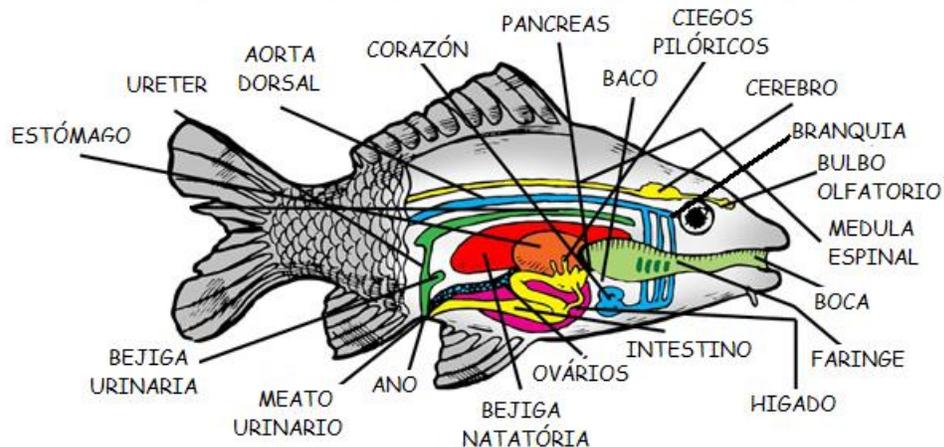
1.1.3.2 Morfología interna. El sistema digestivo de la tilapia se inicia en la boca, y continúa con el esófago y el estómago. El intestino es en forma de tubo que se adelgaza después del píloro diferenciándose en dos partes; una anterior, corta, que corresponde al duodeno, y una posterior más larga aunque de menor diámetro. Presenta dos glándulas importantes asociadas con el tracto digestivo; el hígado, que es un órgano grande y de estructura alargada y el páncreas, en forma

⁹ SAAVEDRA MARTÍNEZ, María Auxiliadora. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. 2006

¹⁰ GUIDO, Hernán. Manual del participante. Cultivo de tilapia en estanques rústicos. [Consultado mayo de 2010] Disponible en: <http://www.sra.gob.mx/manuales/cultivo_tilapia_estanques_rusticos.pdf>

de pequeños fragmentos redondos y difíciles de observar por estar incluidos en la grasa que rodea a los ciegos pilóricos. El sistema circulatorio está impulsado por un corazón generalmente bilocular y de forma redonda, compuesto por tejido muscular y localizado casi en la base de la garganta. La respiración es branquial, estando estas estructuras constituidas por laminillas delgadas alojadas en la cavidad opercular. Posee una vejiga natatoria que se localiza inmediatamente bajo la columna dorsal y que tiene forma de bolsa alargada, la cual funciona como un órgano hidrostático que ayuda al pez para flotar a diferentes profundidades. El sistema excretor está constituido por un riñón de forma ovoide que presenta un solo glomérulo; unos uréteres secretan en la vejiga y ésta descarga a su vez en la cloaca. El aparato reproductor está constituido por un par de gónadas que en las hembras son ovarios de forma tubular alargada de diámetro variable. En los machos los testículos también son pares y tienen el aspecto de pequeños sacos de forma alargada¹¹. A continuación en la figura 2 se ilustra la morfología interna de la tilapia.

Figura 2. Morfología interna de la tilapia



Fuente: GUIDO, Hernán. Manual del participante. 2010¹²

1.1.4 Fisiología digestiva de la Tilapia. La tilapia es considerada como la principal representante de peces filtradores omnívoros, presenta una boca con abundantes dientes pequeños los cuales pueden tener de 1 a 3 picos, encontrándose de 1 – 5 hileras, luego se observa la faringe, la cual posee dientes y cuya funciones es preparar el alimento para la digestión, prensándolo y mezclándolo con lo que aumenta el área de superficie para la acción de fluidos intestinales, los cuales se encuentra a pH menor de 2,0 para el rompimiento de las

¹¹LIEN, K. F MORFOLOGIA EXTERNA e interna de la tilapia. mundo tilapia. [Anónimo] Perú. 2010. [Consultado Mayo de 2010] Disponible en: <<http://www.mundotilapia.es.tl/MORFOLOGIA.htm>>

¹²GUIDO, Hernán. Manual del participante. 2010. Op. cit., p. 23

membranas celulares de bacterias y algas; los detritófagos al agregar microorganismos facilitan la digestión y un mayor recurso nutricional. Después se observa el esófago, el cual es corto de diámetro pequeño; el estómago aparece a manera de saco reservorio con esfínter pilórico, luego se encuentra el intestino el cual es extremadamente largo y puede llegar a medir hasta 7 veces el largo del animal, esto dependiendo de la especie, el intestino recibe un ducto biliar común y termina en un esfínter anal. Presenta glándulas anexas: hígado, páncreas difuso y vesícula biliar¹³.

1.1.5 Hábito alimenticio de la Tilapia. Todas las especies de tilapia tienen una tendencia hacia hábitos herbívoros, a diferencia de otros peces que se alimentan de pequeños invertebrados o son piscívoros. Las adaptaciones estructurales de las tilapias a esta dieta son principalmente un intestino largo muy plegado, dientes bicúspides o tricúspides sobre las mandíbulas y la presencia de dientes faríngeos. Son por definición Omnívoros, pero con una tendencia hacia una dieta vegetariana. Los alevines se alimentan de partículas de fitoplancton y pequeñas cantidades de zooplancton. Los peces jóvenes tienen una dieta más variada, que incluye una gran cantidad de copépodos y cladóceros, crustáceos, también gustan de tomar piezas de pequeños invertebrados (en cautiverio suelen aceptar bien a la artemia salina), los adultos son muy voraces, suelen “barrer” la superficie y el fondo de los estanques en búsqueda de insectos, crustáceos, ocasionalmente podrían llegar a ingerir larvas de anfibios pequeñas y peces pequeños, que captan mediante la filtración del agua que llega a sus bocas y es expulsada a través de sus branquias. Para el cultivo de tilapias existen una amplia gama de alimentos balanceados que las tilapias aceptan gustosamente, estos alimentos están ideados para que alcancen el mayor peso en el menor tiempo posible¹⁴.

Para tilapia se recomienda utilizar un alimento peletizado y extruido (flotante). El proceso de extrusión resulta en la cocción parcial de los ingredientes (mayor digestibilidad). El usar un pellet reduce el desperdicio y mantiene el valor nutritivo del alimento en el agua por más tiempo. No debe haber más de 3% de finos, y se debe ofrecer un pellet flotante, ya que da la oportunidad de observar el consumo y alimentar los peces a saciedad¹⁵.

¹³GUEVARA, Wilfredo Noel. Formulación y Elaboración de Dietas para Peces y Crustáceos. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Facultad de Ingeniería Pesquera. Tacna, Perú. 2003

¹⁴Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006 [Consultado Mayo de 2010] Disponible en internet en: <<http://www.geocities.com/piscicultura/tilapia.html>>

¹⁵ZAMORANO, Daniel E. Meyer. Nutrición y alimentación de la tilapia. Honduras. 2005

1.2 LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA A NIVEL NACIONAL Y EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA

La producción nacional de peces de cultivo concierne, principalmente, a las especies de Tilapia, Trucha y Cachama, cuya participación conjunta, ha sido del 96,3% del total de la piscicultura y del 65,3% de la producción acuícola; en particular, la producción de Tilapia ha participado con el 49% de la actividad piscícola. El valor de la producción piscícola para el 2003, fue de 158.185 millones de pesos, distribuidos en un 72% en consumo intermedio y un 28% en valor agregado. Con respecto al primero, el alimento balanceado constituyó el principal rubro, participando con un 57% del valor de la producción (\$90.165 millones de pesos), mientras que las compras de otras materias primas (abonos, drogas, etc.) y servicios que realiza la cadena en los diferentes procesos de producción, representaron el 4% y 11%, respectivamente. En cuanto a las actividades de levante y engorde, éstas aportaron el 71% del valor agregado y el 20% (\$31.477 millones de pesos) del valor de la producción; finalmente, el cultivo de alevinos y el procesamiento, generaron conjuntamente un valor agregado de \$4.308 millones de pesos. La industria piscícola colombiana en el 2006, produjo 56.530.98 Ton métricas de carne de pescado en estanques; de ese total, el 62% fue de producción de Tilapia roja para abastecer fundamentalmente el mercado nacional. Los precios actuales en ese mercado interno fluctuaron entre 1.6 y 1.8 dólares el kilo de pescado entero, es decir, sin vísceras, sin escamas y sin branquias; los centros de mayor producción en el país están ubicados en los departamentos de Huila y Tolima (siendo en la actualidad, el Huila quien continúa liderando la producción de Tilapia a nivel nacional, de acuerdo con la última información del INCODER), Valle, Risaralda, Llanos Orientales y Antioquia; es en los dos primeros núcleos de producción, donde se produce entre 6000 y 7000 Ton de Tilapia roja al año, bajo el esquema de cultivo en jaulas a alta densidad y bajo modelos de alimentación especialmente diseñados para estos sistemas¹⁶.

La superficie aproximada de cultivo es de 525 ha, aunque existen proyectos en jaulas flotantes que ocupan entre 2 y 5 ha en total, pero en donde se manejan altas producciones por unidad de volumen. La producción es de aproximadamente 30 a 50 Ton/ha/año, con densidades de siembra de hasta 20 peces/m² o 6 a 8 Kg/m² en estanques. Esta especie se cultiva también en jaulas flotantes en embalses artificiales, principalmente en el embalse de Betania en el departamento del Huila, utilizando tecnología propia, con altas producciones por unidad de volumen, del orden de los 150 peces/m³ o 50 kg/m³¹⁷.

¹⁶Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cadenas Productivas en Pesca y Acuicultura. [Consultado , mayo de 2010] Disponible en:<http://www.minagricultura.gov.co/11contacto/preg_cad_pesca.aspx>.

¹⁷FAO. 2010. Op. cit., p. 21

Colombia ocupa los puestos 10 y 26 en la producción mundial de tilapia y trucha, con participaciones marginales del 1% y 0,35%, respectivamente. De hecho, mientras la producción nacional de tilapia creció en un 7% anual, la producción mundial aumentó en promedio en un 12% para el mismo lapso. La producción nacional de peces de cultivo concierne principalmente a las especies de tilapia, Trucha y Cachama, cuya participación conjunta durante los últimos 12 años ha sido del 96,3% del total de la piscicultura y del 65,3% de la producción acuícola. En particular la tilapia ha participado con el 49% de la actividad piscícola, mientras la Cachama y la trucha han constituido el 31% y 16%, de manera respectiva. El 4% restante se ha destinado a otras especies como el Bocachico, Carpa, Yamú, entre otras, las cuales se producen como acompañante de Tilapia, Trucha y Cachama. Para el año 2006 la producción total alcanzó las 43.746 toneladas, donde los principales núcleos fueron en su orden Huila, Meta, Tolima, Valle y Antioquia que suman un 76% de la misma¹⁸.

El departamento del Cauca posee un elevado potencial para la producción de Tilapia (*Oreochromis spp*), debido a sus diferentes tipos de ecosistemas (léntico y lótico), suelos, clima (frío, templado-frío, templado-cálido y cálido), aguas con buenas características fisicoquímicas, y adicionalmente, una estratégica ubicación geográfica. Por otra parte, la comunicación por mares, lo acerca al mayor mercado de consumo de Tilapia (Estados Unidos), con el cual Colombia, de acuerdo con el ATPA, tiene la ventaja de poderle exportar sin pagar aranceles, lo cual deriva también en la posibilidad de que el mercado con este país crezca mucho más¹⁹.

La producción piscícola en la represa la Salvajina no solo se ha convertido en una alternativa para el desarrollo socioeconómico de la región, sino que también ha contribuido a mejorar la seguridad alimentaria y la soberanía alimentaria de las familias que se benefician del cultivo de peces. Esta producción constituye un importante renglón en las actividades agropecuaria de los municipios de Suarez y Morales, ya que debido a la problemática causada por la construcción de la represa, la zona no brinda muchas alternativas de trabajo que permitan a las familias mejorar su calidad de vida.

En la represa La Salvajina existen tres asociaciones productoras de Tilapia (ASOPIM, ASPROINCA y APISMO), organizadas e inscritas ante la Cámara de Comercio del Cauca, que vienen realizando una producción de peces de manera artesanal hace 13 años, con bajos niveles de manejo técnico del cultivo y con deficiencias en las actividades de post producción.

¹⁸Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Cadenas Productivas en Pesca y Acuicultura. [Consultado , mayo de 2010] Disponible en:<http://www.minagricultura.gov.co/11contacto/preg_cad_pesca.aspx>.

¹⁹Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [Consultado mayo de 2010] Disponible en: <http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/documentos/em_tilapia_trucha>

Los residuos de la actividad piscícola en las estaciones (vísceras, branquias, sangre y escamas) constituyen entre el 10 y 11% de la producción. Las asociaciones no realizan ningún manejo de estos y son arrojados al embalse, y depositados en lugares cerca a las viviendas causando malos olores, contaminación de agua, proliferación de insectos y microorganismos que luego se pueden convertir en una amenaza para la salud de las personas de la región y en una limitante para el desarrollo de la producción piscícola en la zona.

1.3 ALIMENTACIÓN

La alimentación de las crías de peces en los sistemas, constituye entre el 50 y 70% de los costos de producción²⁰. Por consiguiente, la búsqueda de alternativas de evaluación nutricional de los alimentos diseñados para reducir costos²¹. El conocimiento de la digestibilidad de la energía y los nutrientes de los alimentos alternativos permite la formulación de dietas con un costo mínimo, para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales²². Por lo tanto, la digestibilidad es una técnica importante en el estudio de la nutrición, lo que permite evaluar la hidrólisis y/o la digestión de los alimentos y la cuantificación de la disponibilidad de nutrientes.

Las dietas utilizadas en acuicultura para satisfacer las necesidades nutricionales de la especie, deben proporcionar bajos excedentes de nutrientes, para reducir al mínimo los impactos negativos sobre los ecosistemas acuáticos²³. Los principios a tener en cuenta en el desarrollo de dietas son la alta digestibilidad de los ingredientes, la aceptabilidad de la ración, el equilibrio adecuado de nutrientes, la alta estabilidad de los pellets y el tamaño compatible con la capacidad de ingestión de la especie.²⁴

El conocimiento de los valores de energía y la digestibilidad de nutrientes de los alimentos a la formulación de dietas para su uso en la acuicultura, se convierte en

²⁰EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 179, p. 149–168, 1999

²¹DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* X *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture Fish Management*, [S.l.], v. 22, p. 397–403, 1991

²²SULLIVAN, J.A.; REIGH, R.A. Apparent digestibility of selected feedstuff in diets for hybrid striped bass (*Morene saxatilis* x *Morena chrysops*). *Aquaculture*, v.138, p.313-322,1995. Idem

²³HENRY-SILVA, G.G. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2001. 56p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, 2001

²⁴MIDLEN, A., REDDING, T. *Environmental Management for Aquaculture*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998. 223p

un aspecto sumamente importante en la realización de más estudios sobre los niveles de inclusión para las distintas fases de la vida de las especies estudiadas²⁵.

1.3.1 El ensilaje biológico como alternativa para alimentación piscícola. El ensilaje biológico de residuos de Tilapia roja consiste en la utilización de los subproductos de proceso de eviscerado y fileteado, los cuales al ser mezclados con una fuente de carbono y al adicionarle un inóculo ocurre un proceso fermentativo, generando un producto con características deseables y de alto valor nutricional para la alimentación animal²⁶.

El ensilaje realizado a partir de residuos de Tilapia puede ser elaborado en base seca o líquida dependiendo de los objetivos que se persigan. Lo más común para la alimentación de peces es la utilización de ensilaje en base seca, ya que a partir de este se pueden elaborar pellets. Dichos residuos o supuestos desechos de filetear pescados o eviscerar, se someten a una preparación con ácidos orgánicos e inorgánicos como; sulfúrico, entre otros o de forma biológica por las bacterias del yogurt en una fuente de carbono y/o miel de la caña de azúcar etc. En contraendose 2 tipos de ensilaje, el biológico y el químico. Después de molidos todos los residuos son mezclados con el ácido (si es ensilado químico) o las bacterias ácido láctica y la miel (si es ensilado biológico) se deja reposar por unos días y posteriormente se mezcla con materias primas de origen vegetal sobre todo con harina de soya y se hace un alimento, el cual puede sustituir la harina de pescado tan costosa en estos momentos y cada día más difícil de encontrar²⁷.

Desde hace muchos años se incrementó el interés en productos alimenticios que además de nutrir, ejercieran a la vez efectos terapéuticos. Los alimentos probióticos contienen cultivos vivos activos que ayudan a mantener la flora intestinal y evitan la proliferación de bacterias nocivas. Para que estos microorganismos puedan realizar esta función de protección tienen que cumplir los postulados de Huchetson: ser habitante normal del intestino, tener un corto tiempo de reproducción, ser capaces de producir compuestos antimicrobianos y ser estables durante el proceso de producción, comercialización y distribución para que puedan llegar vivos al intestino. Actualmente se acepta como definición de probiótico a un microorganismo vivo cuya ingestión es beneficiosa para la salud.

²⁵BOSCOLO, W.R. *et al.*, Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.13, n.2, p.539-545, 2002

²⁶VIDOTTI, Rose Meire. MACEDO VIEGAS, Elisabete Maria. CARNEIRO, Dalton José . Aminoacid composition of processed fish silage using different raw materials. Science Direct. 2003. Animal Feed Science and Tecnology 105 .2004

²⁷TOLEDO, José. Preparación de los ensilados de tilapia. Mundo tilapia. Cuba. 2010

Principalmente, son bacterias ácidas lácticas, llamadas así por producir ácido láctico y la mayoría se incluyen en los géneros *Lactobacillus* o *Bifidobacterium*. El ensilaje biológico de pescado, cumple con todos los postulados de Huchetson, por lo cual es considerado como un probiótico, que no solamente se puede utilizar como fuente de proteína de bajo costo, sino que también puede mejorar la digestibilidad de los nutrientes debido a la carga microbiana benéfica que aportan a los animales²⁸.

Estudios con ensilaje de pescado mezclado en una proporción de 2:1 con cama de pollo, harina hidrolizada de soja y harina de pescado, y las mezclas, así como todos los utilizados en la alimentación de la tilapia pildorada; se encontró que el coeficiente de digestibilidad aparente de materia seca, proteína cruda y energía de los pellets fue alta (> 80%) y similar entre las dietas, y los pellets de pescado de ensilaje húmedo fueron físicamente estables y altamente digestible para la tilapia²⁹. Los salmónidos crecen mejor con dietas de alto contenido energético, por lo que se puede utilizar el ensilado de pescado en alimentación de tilapia³⁰.

En alevinos de 105 días de edad, se evaluó el ensilaje preparado con los desechos orgánicos de pescado para sustituir la harina de pescado como fuente de proteína, se descubrió que el aumento en el peso corporal y de talla fue gradual, el análisis de varianza mostró que no había ninguna diferencia significativa entre tratamientos³¹.

Aún cuando el crecimiento de la industria de alimentos se encuentra en uno de sus mejores momentos, existe un déficit en el abastecimiento de materias primas. Concientes de esta situación los fabricantes han desarrollado estrategias para optimizar el uso de los recursos y buscar otras alternativas más estables en el tiempo. La sustitución de materias primas es una tendencia de larga data en países como Noruega, Escocia y Canadá. Para ellos el valor del insumo principal, la harina de pescado, no resulta atractivo, ya que además de las fluctuaciones en los precios, deben pagar los costos ligados a la importación. De esta forma, el uso de fuentes alternativas de proteínas dejó hace tiempo de ser un tema de discusión y la mayor parte de las investigaciones que hoy se realizan en estos países apunta a la búsqueda de composiciones adecuadas que disminuyan la inclusión de

²⁸Ibid., p. 30

²⁹FAGBENRO, O. A.; JAUNCEY, K. Chemical and nutritional quality of dried fermented fish silages and their nutritive value for tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 45, p. 167–176, 1994.

³⁰PARIN, A. P.; ZAGARRAMURDI, A. Aspectos económicos del procesamiento y uso de ensilados de pescado. Mar del Plata: CITEP, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/livestock/aphp/aphp134/cap4.htm>>. Acesso em: 23 ago. 2004

³¹LESSI, L. Ensilajes de pescado en Brasil para la alimentación animal. Manaus: CPTA/INPA, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/livestock/aphp134/cap3.htm>>. Acesso em: 11 ago. 2004

harinas de pescado en la dieta. Es así como se pueden encontrar dietas que contienen hasta treinta insumos distintos, los que mezclados en diferentes proporciones aseguran un buen porcentaje de proteína, un adecuado perfil de aminoácidos, buena digestibilidad, sabor y una cantidad de grasas ideal para que el pez crezca en buen estado³².

1.3.2 Jaulas metabólicas como alternativa de evaluación alimenticia. Las jaulas para determinar la digestibilidad de los nutrientes que se han venido utilizando son los acuarios tipo GUELPH, los cuales constan de un sistema diseñado que permite recolectar las heces en la parte inferior de estas. Este sistema de jaulas ha sido utilizado en los diferentes estudios en acuicultura desarrollados en la Universidad Estadual do Oeste do Paraná en Brasil, Universidad José do Rosario Vellano en Brasil; en Colombia en estudios realizados en la Universidad de Nariño y en la Universidad Nacional sede Palmira también se utilizó este tipo de jaulas. La capacidad de las jaulas es de 40 litros de agua en algunos estudios³³.

En la Universidad de los Llanos se ha adaptado un sistema de jaula metabólica en forma de cilindro para desarrollar los estudios de digestibilidad de los nutrientes en peces.

1.4 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA TILAPIA ROJA EN LA FASE DE ENGORDE

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja en la fase de engorde

REQUERIMIENTOS	CANTIDAD
Proteína cruda	24 %
Lípidos	6 %
Energía Digestible	2500 – 3400 Kcal/kg
Fibra cruda	4 - 8 %
Fosforo	0.9 %
Calcio	1.2 – 2 %
Lisina	1.5 %
Metionina	0.75 %
Yodo	0.001 g/kg kg de peso vivo

Fuente: GAMBOA, Simón. 2007³⁴

³²ESTRADA, Juan Manuel y URUP, Bent. Aqunoticias. Mercado nacional de alimento para peces: Un gigante con pies firmes. 2001. 13 (62):6-15

³³MORAES OLIVEIRAL DE, Marinez. GOMEZ De SOUSA, María Emilia. Digestibilidad y rendimiento de los alevinos de tilapia de Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados con dietas que contiene diferentes niveles de acido en el ensilaje pescado. Universidad José do Rosario Vellano. Brasil. 2006

³⁴GAMBOA Simón. Dieta suplementaria para la producción de Tilapia roja en etapa de engorde. Agosto 2007. [Consultado 24 de mayo de 2009] Disponible en <<http://www.monografias.com/trabajos60/dieta-suplementaria-tilapia-roja/dieta-suplementaria-tilapia-roja2.shtml>>

El requerimiento de proteína se ve afectado por la edad, la especie, la fase fisiológica, calidad de la ración alimenticia y condiciones medioambientales como temperatura y oxígeno disuelto, por lo tanto cuando una especie no está dentro de su temperatura óptima, ni posee independencia respiratoria, es costoso e innecesario suministrarle alimento con el nivel de proteína óptimo para su mejor crecimiento, porque no lo aprovechará.

Los hidratos de carbono no son esenciales en peces, son una fuente secundaria de energía, aun cuando se necesitan para disminuir costos en la ración cuando sustituyen la energía producida por las proteínas, se necesitan para aglutinar y dar estabilidad al alimento y pueden servir para la síntesis de aminoácidos esenciales.

Los requerimientos energéticos en los peces son bajos por varios motivos, entre ellos el de ser poiquiloterms, por lo cual no tienen un consumo de energía para ajustar su temperatura corporal, su actividad muscular es menor que la de animales terrestres por la facilidad de desplazamiento que ofrece el medio acuático, por los movimientos regulados por la vejiga de gas que les facilita su posición hidrostática (subir o bajar) y por requerir menos energía para el proceso de excreción, pues sus mecanismos (branquias y riñones) son eficientes.

Dentro de la determinación del valor nutricional de un alimento para peces mediante la digestibilidad en jaulas metabólicas, se puede calcular la digestibilidad aparente total y de cada uno de los nutrientes. Entre las más comunes que se estudian se encuentran: la digestibilidad aparente de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, energía bruta, fibra cruda, cenizas, calcio y fósforo.

2. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para evaluar el ensilaje biológico de residuos de pescado se describe a continuación.

2.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se realizó durante un periodo de cinco meses en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad del Cauca, vereda Las Guacas municipio de Popayán Cauca, ubicado a una altitud de 1850 msnm y una temperatura promedio de 18°C. Los tres primeros meses consistieron en el diseño, elaboración y adecuación de infraestructura (caseta de ensayo, tanque elevado, sistemas hidráulico, sistemas de aireación y sistema de calefacción), jaulas metabólicas, compra de equipos, y ensayos preliminares. En los dos meses restantes se realizó la evaluación.

2.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y tres réplicas por tratamiento, se utilizaron 12 jaulas metabólicas, cada jaula con una capacidad de 40 litros, esta se tomó como una unidad experimental conteniendo cuatro animales por jaula. Los niveles de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado evaluados y la designación de los tratamientos fueron:

T0= testigo (sin inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado)

T1= 10% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado

T2= 20% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado

T3= 30% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado

A continuación en el cuadro 2 se ilustra la composición nutricional del ensilaje biológico de residuos de pescado elaborado, para realizar los respectivos balances de acuerdo a cada una de las dietas experimentales a suministrar.

Cuadro 2. Análisis proximal del ensilaje biológico de Tilapia roja en base seca (g/100g)

Muestra	PC	EM Mcal/kg	Ca	P	FC
Ensilaje biológico de pescado	20,14	4,6	2,3	2	1,1

Fuente: HOYOS. 2009³⁵

De acuerdo a la composición nutricional del ensilaje biológico de residuos de pescado, y la de cada una de las materias primas utilizadas en los balances (harina de pescado, torta de soya, harina de maíz, harina de trigo, harina de yuca, melaza, premezcla de vitaminas y minerales, y carbonato de calcio), según la N.R.C (National Research Council – Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos), se realizaron los balances nutricionales para cada una de las dietas experimentales a evaluar, tomando como base los requerimientos nutricionales de la Tilapia roja en la fase de engorde. El balance de cada una de las dietas evaluadas para el análisis de la digestibilidad aparente y de los parámetros zootécnicos, de la tilapia roja alimentada con dietas a base de ensilaje biológico de residuos de pescado, se presenta en el cuadro 6 de los resultados.

2.3 SELECCIÓN Y MANEJO DE LOS PECES

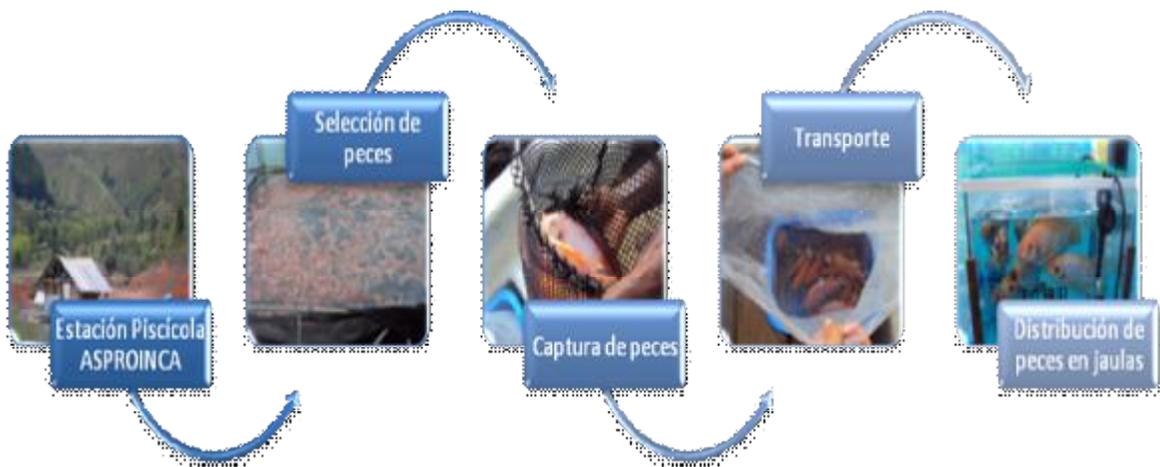
Se evaluaron 48 peces de Tilapia roja (*Oreochromis spp*), en cuatro tratamientos con tres réplicas y por cada repetición en este caso una jaula se evaluaron 4 individuos. Los animales se obtuvieron y se seleccionaron de la estación piscícola de ASPROINCA, ubicada en la represa la Salvajina municipios de Suárez en el departamento del Cauca, con un peso promedio de $132,37 \pm 15,76$ g y una talla promedio de $20,14 \pm 0,90$ cm, teniendo en cuenta que el peso que utilizan los productores de La Salvajina para iniciar la etapa de engorde es alrededor de los 120 – 150 g. Además, este peso es similar al utilizado por Carlos Espejo y otros autores, en donde utilizaron juveniles de tilapia roja para la fase de engorde con un peso promedio de 120 g³⁶.

³⁵HOYOS, José Luis. Valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) en la represa "La Salvajina", mediante el proceso de ensilaje, incluyéndolos en un programa de aprovechamiento de residuos sólidos para la disminución de los costos de producción. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2009

³⁶PEZZATO, Luiz Edivaldo, CANTELMO, Osmar Angelo, BARROS, Maria Margarida. Fitasa y la digestibilidad aparente de nutrientes en las dietas para la Tilapia. Laboratorio de Bromatología de la CEPTA, Brasil. 2006

Los animales fueron escogidos de un lote de 3000 ejemplares, posteriormente se acondicionaron en bolsas plásticas para transportar alevinos, las cuales contenían 20 litros de agua del medio y 30 g de sal marina, estas fueron introducidas en neveras de icopor con capacidad para 20 kilos, las cuales sirvieron de base para las bolsas, y en cada una se adicionaron 10 individuos. Los peces fueron transportados desde la estación piscícola de la represa la Salvajina hasta el Laboratorio de Biotecnología en la Universidad del Cauca, en las horas de la mañana (6:00 – 9:00 a.m.), el transporte duró tres horas, y la aireación utilizada fue con bomba aireadora manual. En el laboratorio los peces fueron colocados en dos tanques con capacidad para 200 litros de agua, donde se adaptó un sistema de aireación con piedras difusoras conectadas a bombas aireadoras para mantener el oxígeno, en estos se dejaron durante 5 días y posteriormente se pasaron a las jaulas metabólicas. En la figura 3 se ilustra el proceso selección, captura y transporte de los peces.

Figura 3. Proceso de selección, captura y transporte de los peces



Fuente: Los autores. 2010

2.3.1 Adecuación y desinfección de las jaulas. Antes de la llegada de los animales se hizo un chequeo de las jaulas, se realizó un lavado y desinfección de las instalaciones con una solución de 100 ppm de yodo, y para las jaulas se utilizó una solución de hipoclorito de sodio de 100 ppm.

2.3.2 Tratamiento profiláctico. El cultivo de Tilapia en La Salvajina presenta altos niveles de contaminación por saprolegniasis, causada por varios hongos, principalmente oomicetos representantes del grupo de los saprolegniales, la especie más frecuentemente hallada en los peces es saprolegnia (*Saprolegnia parasitica*, *Saprolegnia diclina* y *Saprolegnia ferax*)³⁷. Esta enfermedad genera las mayores pérdidas de la actividad piscícola en la zona (40 – 50%). Teniendo en cuenta que el estrés generado por el transporte de los peces, puede causar proliferación de la enfermedad, se desarrolló un tratamiento profiláctico destacando el utilizado por los productores en la Salvajina (solución de azul de metileno y sal marina). El tratamiento se realizó preparando una mezcla de azul de metileno a una concentración de 1 gr/20 litros de agua, de esta solución se agregaron 50 ml a cada jaula durante 5 días, notándose en este lapso de tiempo que la enfermedad fue erradicada. A continuación en la figura 4 se ilustra el tratamiento profiláctico utilizado.

Figura 4. Tratamiento profiláctico

Aplicación de la solución



Fuente: Los autores. 2010

2.3.3 Cambio y recambio de agua. El agua utilizada en el estudio provino del acueducto de Popayán, esta se trato con declorinador (Tropical Fish) utilizando 30 ml/500 litros, para reducir el cloro, y sal marina 3000 gr/500 litros como anti-estresante y para prevenir enfermedades. El tanque a nivel de piso era llenado con una manguera. El recambio se realizó diariamente, el cual consistía en sustituir aproximadamente el 40% del agua de las jaulas. El agua que es retirada de las jaulas, pasa a través de tubería cerrada y de un filtro de malla al tanque que está a nivel de piso y de este es subida a través de electrobomba al tanque elevado para ser reutilizada. El cambio de agua se realizó cada cuatro días, lo cual

³⁷TEISERSKIS R, Federico. Guía de enfermedades. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias veterinarias. Chile. 2005. [Consultado , mayo de 2010] Disponible en:<[http:// www.drpez.com/diccionario](http://www.drpez.com/diccionario)>

es acorde a la metodología utilizada en la Universidad de Paraná³⁸. En la figura 5 se presenta el cambio y recambio de agua realizado en el ensayo.

Figura 5. Cambio y recambio de agua empleado en el ensayo



Fuente: Los autores. 2010

Cada 15 días, antes de medir el peso y la talla, los tanques eran lavados con jabón y desinfectados con hipoclorito de sodio a 100ppm (ver figura 6 a), y las jaulas se limpiaban con churros para material de vidrio aprovechando que los peces estaban en zona de traslado, esto para evitar el crecimiento de algas y que los peces tuvieran otra fuente de alimentación diferente a las dietas evaluadas. El filtro se lavaba cada 4 días, cuando se realizaba el cambio de agua para retirar las heces retenidas en la malla (ver figura 6 b). En la figura 6 se ilustra la desinfección y limpieza de los tanques, y el filtro.

³⁸SIGNORE ARCANGELO, Augusto. BOSCOLO, Wilson Rogério; ALDI, Feiden. ALTEVIR, Signor. ADILSON, Reide. Midlings trigo en la alimentación de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): digestibilidad y el rendimiento. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Brasil. 2008

Figura 6. Desinfección y limpieza de tanques y filtro

a. desinfección y lavado



b. limpieza



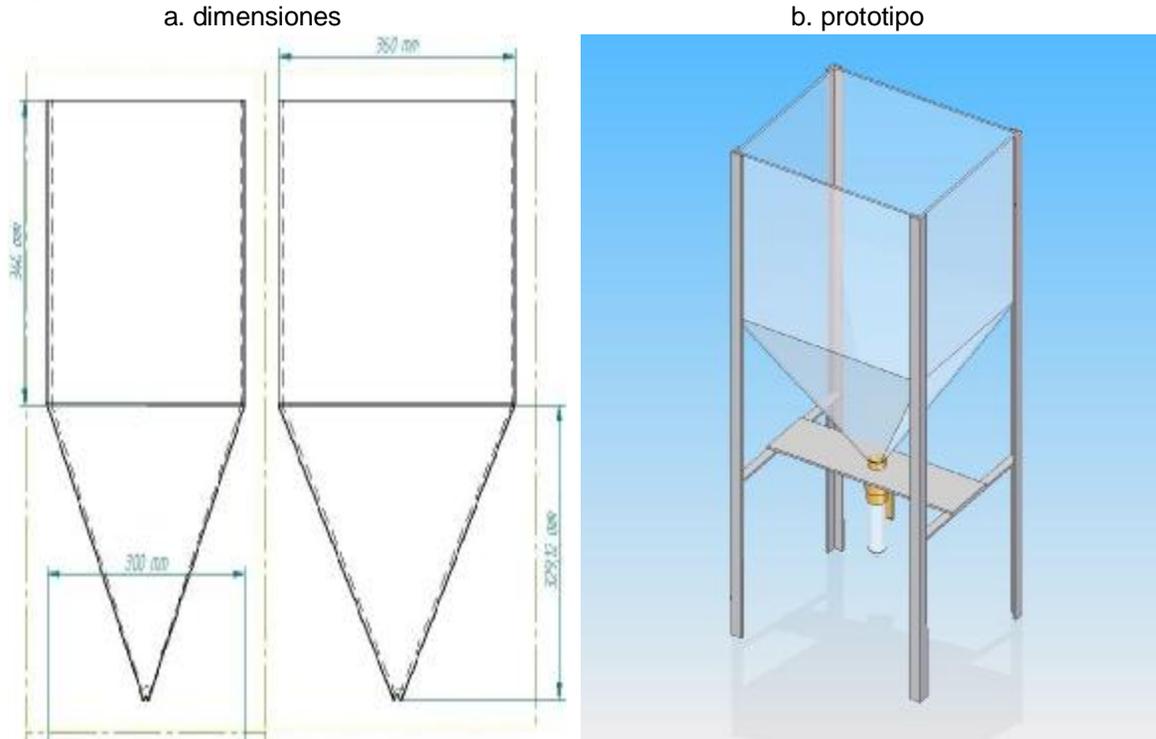
Fuente: Los autores. 2010

2.4 INSTALACIONES Y EQUIPOS

Para el desarrollo de la investigación las instalaciones y equipos utilizados se presentan a continuación.

2.4.1 Jaulas metabólicas. Se construyeron 12 jaulas metabólicas para las pruebas de digestibilidad aparente, estas se realizaron en vidrio de 5 mm de espesor con las siguientes características. Consta de cuatro partes; la primera de ellas es una figura cúbica de 0,36 m de largo, 0,30 m de ancho y 0,34 m de alto. La segunda es una pirámide invertida con 0,34 m de altura y un área de la base de 0.108 m² (ver figura 7 a). La tercera es un sistema de llaves de paso que cierra el flujo de agua y permite la recolección de las heces en la parte inferior, en donde se acopló un tubo de ensayo plástico tipo Falcón de 50 ml con rosca (ver figura 7 b). Para facilitar las labores de recolección de heces se cambia el tubo, debido a que estas quedan decantadas. La cuarta parte está constituida por una base de hierro, aluminio y madera que soporta el peso de la jaula. En la figura 7 se presenta el diseño de las jaulas metabólicas.

Figura 7. Diseño de las jaulas metabólicas



Fuente: Los autores. 2010

2.4.2 Adecuación de infraestructura. Se utilizó un área de 7.5 m² (3 * 2.5 m) con piso de tableta (ver figura 8 a). Las paredes fueron cubiertas con malla de alambre y polisombra (50% de luminosidad), techo de plástico, con instalaciones eléctricas e hidráulicas necesarias para el desarrollo de la investigación. En la figura 8 se ilustra la adecuación de infraestructura (ver figura 8 b y 8 c).

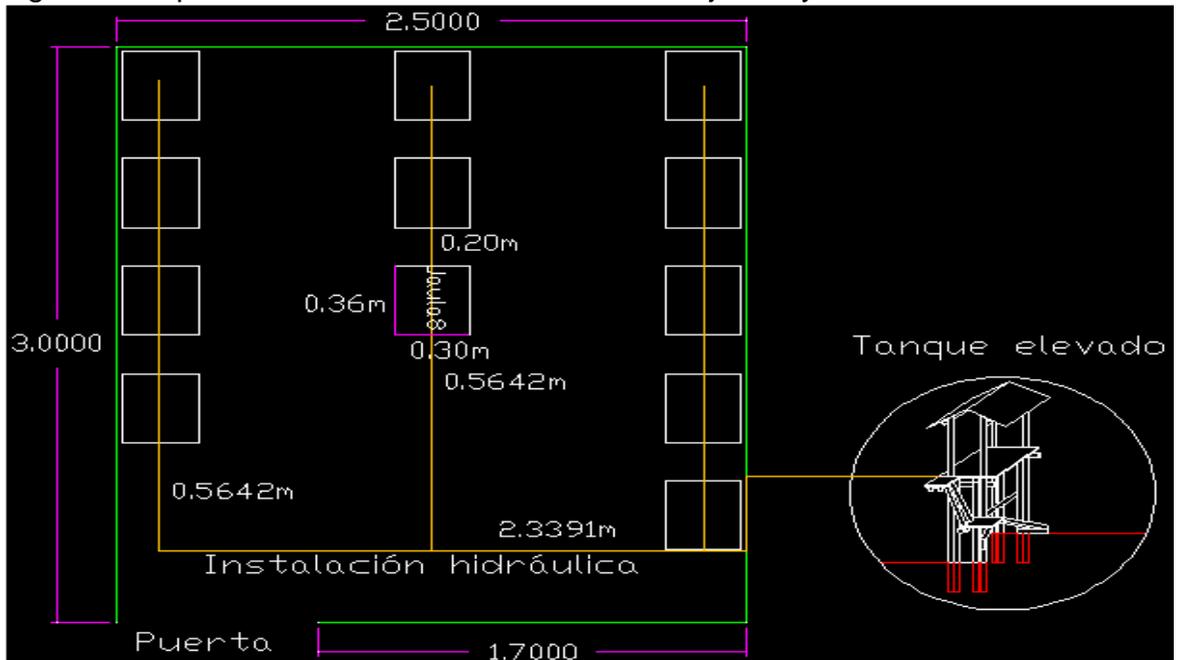
Figura 8. Adecuación de infraestructura



Fuente: Los autores.2010

Las 12 jaulas fueron adecuadas de acuerdo a la distribución presentada en la figura 9, y con base a esta se instaló el sistema de tuberías recolectora y surtidora de agua a las jaulas para el recambio (figura 10 a, 10 b y 10 c). Para el sistema de colecta y surtido de agua se instalaron dos tanques plásticos de 500 litros y un filtro para eliminar impurezas un tanque se adecuó en una caseta elevada a 2,5 m y otro a nivel del piso. También se adecuó una repisa para instalar las 3 bombas aireadoras. En las siguientes imágenes (figura 10) se ilustra la adecuación del sistema de tuberías y la distribución de las jaulas.

Figura 9. Representación de la distribución de las jaulas y el sistema de tuberías



Fuente: Los autores. 2009

Figura 10. Adecuación del sistema de tuberías y distribución de jaulas

a. Filtro y tanque

b. distribución de jaulas

c. sistema de tuberías



Fuente: Los autores. 2010

2.4.3 Instalación de sistema de aireación. Para el sistema de aireación se utilizaron tres bombas aireadoras marca ELITE 802 de 3.5 PSI (ver figura 11 a), cada bomba posee dos salidas, las cuales se adaptaron para airear cuatro jaulas mediante distribución por mangueras y uso de piedras difusoras (ver figura 11 b y 11 c). En las siguientes imágenes (figura 11) se ilustra el sistema de aireación.

Figura 11. Sistema de aireación instalado

a. Bombas aireadoras

b. piedra difusora

c. distribución del sistema de aireación



Fuente: Los autores. 2010

2.4.4 Instalación y calibración de los termostatos. En los ensayos preliminares se registraron temperaturas de 14°C en la mañana y de 23 – 24 °C por la tarde en las jaulas (época seca), por lo que fue necesario la utilización de termostatos para poder brindarles los rangos de temperatura óptimos, y que de esta manera los peces puedan expresar su potencial. Los termostatos fueron instalados cada uno en las jaulas, colocándolos semi-sumergidos (ver figura 12 a y 12 b)), estos tienen capacidad para 75 litros, y poseen una perilla para regular la temperatura desde 24 – 34 °C. Cuando se realiza el recambio, la temperatura presenta fluctuaciones en las jaulas, pero 1/2 hora después con los termostatos se regula. En la figura 12 se presenta la instalación de los termostatos en las jaulas.

Figura 12. Instalación de los termostatos en las jaulas

a. Conexión eléctrica

b. instalación de los termostatos



Fuente: Los autores. 2010

2.5 ACOSTUMBRAMIENTO

Antes de comenzar con los ensayos de digestibilidad, los peces fueron alimentados con las dietas de prueba por un periodo de 12 días, con el fin de adaptar el sistema digestivo al tipo de alimento a utilizar en las pruebas. Las dietas de pruebas consistían en las mismas que iban a ser utilizadas en el ensayo, solo que estas no estaban marcadas con Cr_2O_3 (óxido crómico). Antes de iniciar el acostumbramiento los peces fueron divididos al azar en cada una de las jaulas, las cuales estaban rotuladas con los tratamientos y las réplicas. Durante este tiempo se observó la aceptabilidad de cada una de las dietas, el consumo, y la habilidad de los peces para atrapar el alimento antes que llegará al fondo de las jaulas debido a que este era peletizado.

2.6 ALIMENTACIÓN

Para la alimentación se realizó lo siguiente:

2.6.1 Preparación de las dietas. Las dietas fueron balanceadas, tamizadas en malla con abertura de tamiz de un mm, pesadas y posteriormente mezcladas con el indicador Cr_2O_3 (óxido crómico), el cual se suministró a una concentración correspondiente al 1% del total formulado. Las materias primas utilizadas en cada una de las dietas y las cantidades, se presentan en el cuadro 6 de los resultados. Después de mezclar las dietas se determinó la humedad, para realizar los cálculos por ecuaciones simultaneas, y se procedió a su peletización. En el cuadro 3, se presenta la humedad determinada en cada dieta y en la figura 13 se ilustra el proceso de preparación de las dietas.

Cuadro 3. Porcentaje de materia seca y humedad registrada para cada dieta

Dieta	Materia seca (MS) en %	Humedad en % (H)
T0	88.58	11.42
T1	76.44	23.56
T2	70.23	29.77
T3	68.38	31.62

Fuente: Los autores. 2010

Figura 13. Proceso de tamizado, pesado, mezclado y marcado de las dietas



Fuente: Los autores. 2010

Después de agregar el agua y mezclar las dietas, se realizó un preacondicionamiento en baño maría a 80 °C durante 30 minutos. Este permite una gelatinización del almidón mejorando la consistencia de los pellets, y disminuir factores antinutricionales por efecto de la temperatura. En la figura 14, se ilustra el proceso de preacondicionamiento de las dietas.

Figura 14. Proceso de preacondicionamiento de las dietas



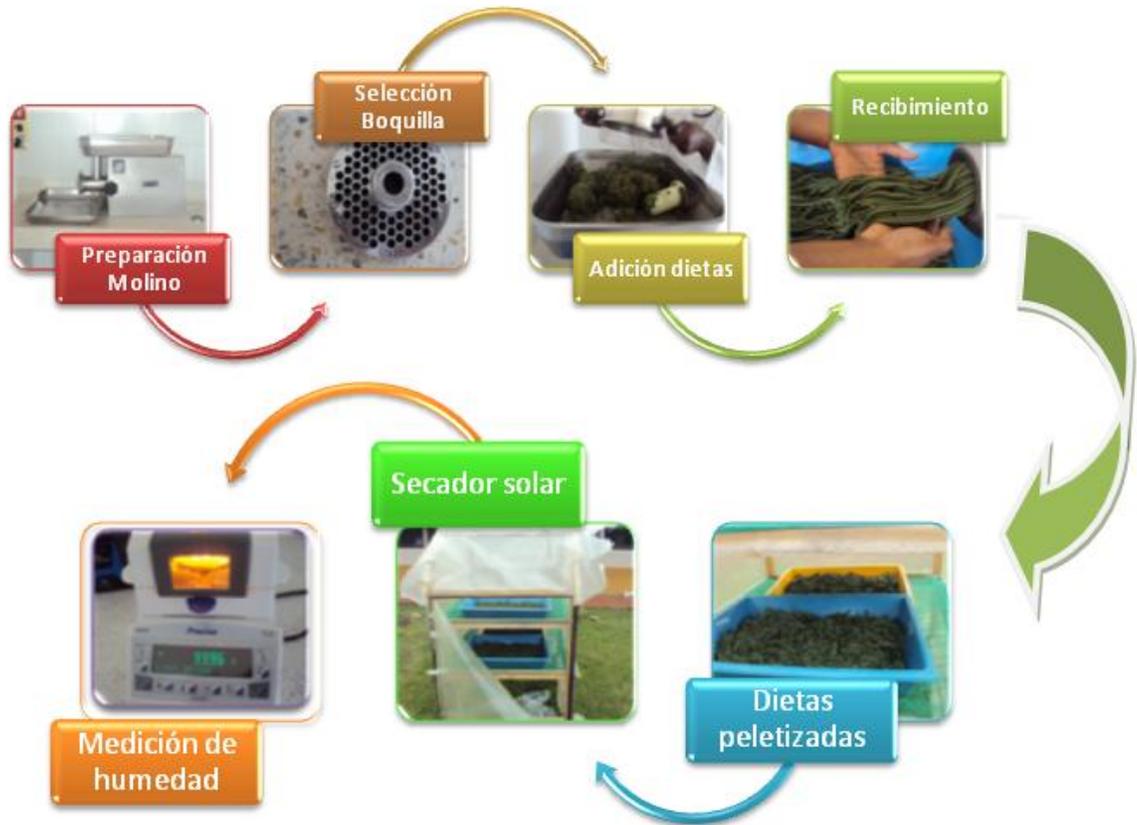
Fuente: Los autores. 2010

Una vez, terminado el preacondicionamiento, las dietas fueron peletizadas en un molino eléctrico industrial para carne marca JAVAR (referencia Adoos: 3873475), a este se le colocó una boquilla con orificios de 4.5 mm. Las dietas se colocaron en bandejas plásticas (60 cm de largo * 40 cm de ancho), estas se rotularon y se llevaron al secador solar. En la figura 15, se presenta el proceso de peletización de las dietas.

Terminado el proceso, las dietas peletizadas, fueron puestas en un secador solar, en donde se dejaron durante tres días (ver figura 15), en los cuales se medía constantemente la humedad hasta llegar a un 10 a 13%, la cual es la humedad recomendada para alimentación de tilapia. En el cuadro 7, de los resultados se presenta el porcentaje de materia seca y humedad final registrada en las dietas.

Posteriormente, cada una de las dietas se empacaron en bolsas con cierre hermético ziploc® y se guardaron en un lugar fresco y seco.

Figura 15. Proceso de peletización y secado de las dietas.



Fuente: Los autores. 2010

2.6.2 Evaluación de las dietas. Se evaluaron cuatro dietas alimenticias, tres elaboradas a partir de ensilaje biológico de residuos de tilapia, y una dieta de referencia la cual no presenta inclusión de ensilaje biológico de residuos de tilapia, esta se utilizó como testigo; las dietas marcadas se suministraron a las 9:00 a.m. y a las 4:00 p.m., el tamaño de los pellets fue de 4.5 mm de espesor y 5 mm de longitud. Diariamente cada investigador alimentaba en la mañana 2 tratamientos y en la tarde se alternaban. Por cada jaula (réplica) se pasaban tres veces durante la alimentación, buscando que los peces atraparan la mayor cantidad de pellets posibles y que estos fueran ingeridos. La alimentación duró en promedio 1 hora. En cada pasada se registraban la cantidad de pellets consumidos, para posteriormente cuantificar el consumo en gramos. En el cuadro 4 se presenta el peso promedio y la desviación estándar de los pellets de los tratamientos.

Cuadro 4. Peso promedio y desviación estándar de los pellets para cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Peso promedio en g	Desviación estándar (S) g
T0	0.05745	0.00576
T1	0.05945	0.00647
T2	0.05959	0.00760
T3	0.05811	0.00628

Fuente: Los autores. 2010

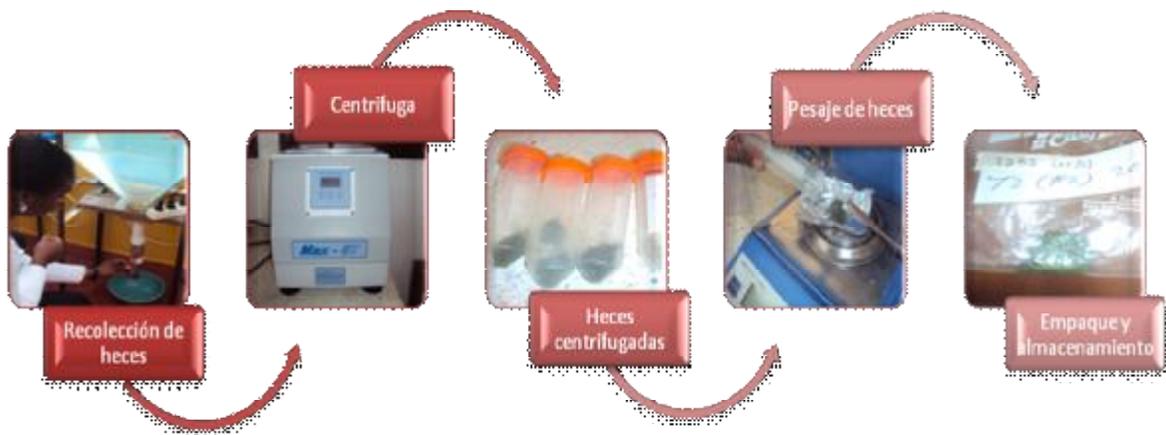
Una vez se observaba que los peces ya no recibían más los pellets, se daba por terminada la alimentación y se procedía a retirar los que no eran consumidos del fondo de las jaulas, esto para evitar la contaminación de las heces con el alimento. En los anexos A, B, C y D se presenta el control de la alimentación.

2.7 RECOLECCIÓN DE HECES

Se realizó una vez al día en horas de la mañana (6:30 a.m). Posteriormente se centrifugaron a 5000 rpm durante 15 minutos, las heces húmedas se colocaron en bolsa plástica de cierre hermético y se almacenaron en un congelador a -18°C, lo cual es acorde a la metodología utilizada en la Universidad de Temuco³⁹. En el anexo E, se cita la cantidad de heces recolectadas por tratamiento y por repetición, y en la figura 16, se presenta el procedimiento utilizado para la recolección de heces.

³⁹HETTICH MEDINA, Carlos Alberto. Evaluación de la digestibilidad de dietas en Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): sustitución parcial de harina de pescado por tres niveles de harina de Lupino blanco (*Lupinus albus*). Universidad Católica de Temuco, Chile. 2004

Figura 16. Recolección de heces



Fuente: Los autores. 2010

2.8 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL AGUA

La calidad fisicoquímica del agua fue monitoreada por la metodología NANOCOLOR desarrollada para el Photometer PF - 11 para evitar fluctuaciones en los parámetros y que se mantengan los rangos de temperatura, pH y oxígeno adecuados para el desarrollo de la especie y así evitar que estos interfieran en el consumo de alimento y en los resultados del ensayo. La temperatura fue monitoreada con termómetro y controlada permanentemente mediante el uso de termostatos. En el cuadro 5 se presenta el control de los parámetros fisicoquímicos evaluados, y los protocolos utilizados para medir cada uno de los parámetros, se citan en los anexos F, G, H, I y J.

Cuadro 5. Resultado análisis fisicoquímico de agua

Parámetro	Lectura registrada
Temperatura	26 ± 0.5°C
pH	8
Oxígeno disuelto en mg/L	7.5 ± 0.5 mg/l
Alcalinidad de Carbonatos	1,5 mmol/l
Demanda química de oxígeno	15 mg/l
Demanda biológica de oxígeno	4,5 ± 0.7 mg/l

Fuente: Los autores. 2010.

2.9 ANÁLISIS DE MUESTRAS

Las muestras fueron enviadas al Laboratorio Especializado de Bromatología de la Universidad de Nariño para el análisis proximal (materia seca, energía, fibra, proteína, humedad, cenizas), calcio, fósforo y óxido crómico. Se enviaron 120 g de concentrado de cada una de las dietas, y las muestras de heces recolectadas como se muestra en el anexo E. En los anexos F, L, M, N y Ñ se citan los resultados del análisis proximal de las muestras de heces, y el de las dietas se citan en el anexo K. Los parámetros de digestibilidad aparente determinados por tratamiento fueron: digestibilidad total en % y digestibilidad aparente de nutrientes (materia seca, energía, fibra, proteína, humedad, cenizas, calcio y fosforo) en %. Las formulas que permitieron determinar lo anterior se presentan a continuación⁴⁰:

Digestibilidad total (DAT %) =

$$\frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en la dieta} - \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en las heces}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en la dieta}} * 100$$

Digestibilidad aparente de nutrientes (DAN %) =

$$\frac{\text{nutriente dieta} * \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta} - \text{nutriente heces} * \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ heces}}{\text{nutriente dieta} * \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}} * 100$$

2.10 MEDICIÓN DE RENDIMIENTO (PESO Y TALLA)

La talla y el peso se midieron cada 14 días, utilizando una caja de vidrio de 25 cm de largo, 22 cm de ancho y 8 cm de alto. La cual contiene en el fondo una cuadrícula para facilitar la medición de la talla, la que se registró utilizando una cámara fotográfica. Igualmente se registro el peso mediante la utilización de una balanza analítica con precisión a un gramo marca Kern & Sohngmbh Germany (modelo 440 – 51 N). En la figura 17, se presenta el procedimiento para la medición de talla y peso. Las formulas utilizadas para calcular la talla y el peso se presentan a continuación:

$$\text{Ganancia promedio de talla (cm)} = \frac{\text{talla final (cm)} - \text{talla inicial (cm)}}{\text{número de peces}}$$

⁴⁰ HETTICH MEDINA, Carlos Alberto. 2004. Op. cit., p 44

$$\text{Ganancia promedio de peso (g)} = \frac{\text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}}{\text{número de peces}}$$

Para determinar la conversión alimenticia de cada una de las dietas se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Conversión alimenticia} = \frac{\text{consumo de concentrado promedio en gr/pez}}{\text{biomasa promedio ganada en gr/pez}}$$

Figura 17. Medición de peso y talla



Fuente: Los autores. 2010

2.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables evaluadas fueron; el rendimiento (peso y talla), conversión alimenticia y la digestibilidad aparente total y de cada uno de los nutrientes (MS, PC, FC, Cenizas, grasa, energía, Ca y P) de las dietas suministradas, cada variable se analizó mediante la aplicación de un análisis de varianza (ANAVA α 0,05). Se realizó una prueba de promedios para identificar las diferencias entre los tratamientos. Cuando la diferencia entre el FC (F calculado) y el FT (F tabulado) no eran muy relevantes, fue necesario aplicar Duncan (α 0,05), para destacar cual o cuales de las dietas evaluadas es mejor que las demás.

Para el análisis económico, se determinó el costo promedio por kilogramo de cada una de las dietas evaluadas, y luego se convirtieron a costo por bulto. También se consultó en varios almacenes agropecuarios, el costo por kilogramo del concentrado mojarra 24 y se calculó el precio promedio para luego llevarlo al valor por bulto. Con los precios reportados en cada una de las dietas evaluadas y el del concentrado comercial se realizaron comparaciones para destacar los porcentajes de ahorro o disminución en los costos de alimentación en cada una de las dietas. Los datos fueron llevados a producción por tonelada, comparándolos con estudios realizados en La Salvajina. Otro factor analizado económicamente fue la conversión alimenticia de cada una de las dietas, las cuales fueron comparadas con la reportada por los productores piscícolas de la represa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 ESTANDARIZACIÓN DE LAS DIETAS EVALUADAS

Cada una de las dietas fue balanceada teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales de la Tilapia roja en la fase de engorde, los nutrientes analizados en las dietas fueron: Proteína cruda, Energía metabólica, Fibra cruda, Lisina, Metionina, Calcio y Fósforo. Los valores medios de dichos nutrientes obtenidos en cada una de las dietas evaluadas se presentan a continuación en el cuadro 6.

Cuadro 6. Composición nutricional de dietas para Tilapia roja en la fase de engorde con inclusión del 0%, 10%, 20% y 30% de ensilaje biológico de residuos de pescado.

Nutriente	Tratamientos			
	T0	T1	T2	T3
PC	24,06	24,06	24,01	24,11
EM Mcal/kg	3,11	3,11	3,26	3,40
LISINA	1,47	1,61	1,77	1,94
METIONINA	0,61	0,75	0,89	1,03
Ca	1,07	1,32	1,51	1,72
P	0,57	0,75	0,93	1,11
FIBRA	2,23	2,20	2,04	1,90

Fuente: Los autores. 2010

El porcentaje de humedad final registrada en cada una de las dietas evaluadas, se presenta a continuación en el cuadro 7.

Cuadro 7. Porcentaje de humedad y materia seca final registrado en las dietas.

Dieta	Materia seca (MS) en %	Humedad en % (H)
T0	87.56	12.44
T1	88.02	11.98
T2	87.36	12.64
T3	87.24	12.76

Fuente: Los autores. 2010

Los valores medios de los nutrientes obtenidos para cada una de las dietas evaluadas y el porcentaje de humedad final registrada, son acordes con los requerimientos nutricionales para la fase de engorde de la Tilapia roja, según estudios reportados por Gamboa 2007.

3.2 DIGESTIBILIDAD APARENTE

No se presentaron diferencias significativas entre réplicas, por consiguiente el análisis de los resultados se enfoca a la relación entre tratamientos. Los resultados para la digestibilidad aparente total (DAT) y de cada uno de los nutrientes evaluados (materia seca, cenizas, proteína cruda, fibra cruda, energía bruta, extracto etéreo, calcio y fósforo), se presentan a continuación.

3.2.1 Digestibilidad aparente total (DAT). Mediante el análisis de varianza, se observó que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la digestibilidad aparente total (DAT), de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se citan en el cuadro 8.

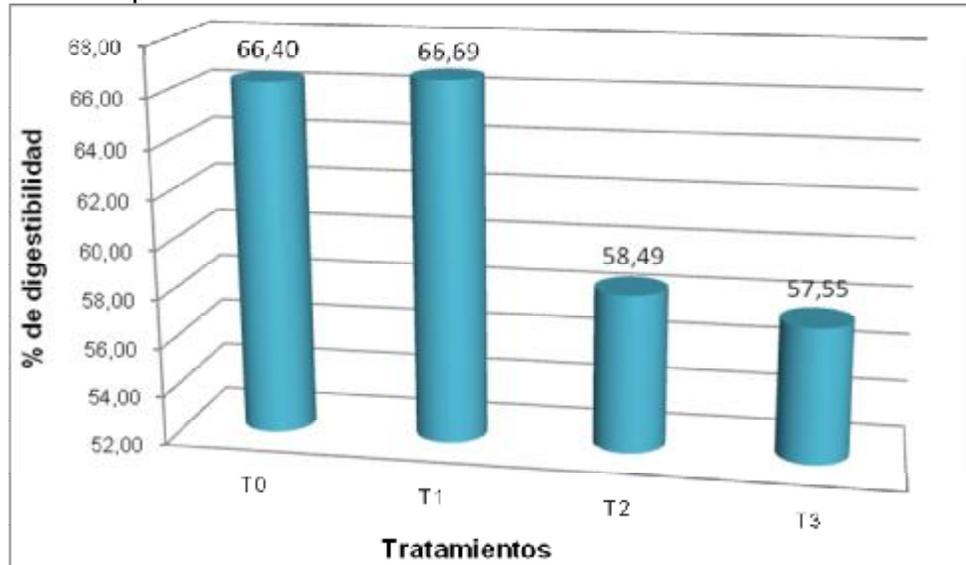
Cuadro 8. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente Total (DAT)

Fuente de Variación	Grados de libertad (gL)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	F Calculado (FC)	F Tabulado (FT)
Total	11	591,48	-	-	-
Tratamiento	3	219,35	73,12	1,57	4,07
Error	8	372,12	46,52	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, se observó que el tratamiento, T1 con 66,69% presentó una DAT levemente superior a los demás tratamientos, en orden de respuesta continuo T0 con 66,40%, seguido de T2 con 58,49%, y en el último lugar T3 con 57,55%.

Figura 18. DAT promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

En experimentos realizados con Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), estiman que los valores relativamente altos en los coeficientes de digestibilidad aparente de dieta con ingredientes vegetales se debe al efecto de la temperatura en el preacondicionamiento, eliminando así, factores anti-nutricionales y aumentando la digestibilidad. En la fabricación de la harina de pescado y otras materias primas se aplican procesos con temperatura, lo cual puede influir en una mayor digestibilidad de los piensos⁴¹.

Al realizar estudios con harina de pescado reportan valores de digestibilidad de 80,1% y de 77% en *Oreochromis niloticus*⁴².

Al evaluar la digestibilidad de la harina de pescado, encontraron valores alrededor de 86% para Trucha arcoíris, y de 75 y 82% para Salmon⁴³.

⁴¹BORRÁS J, Fernández. BLASCO J, Minués. Fisiología de la Nutrición. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 1995. Citado por: HETTICH MEDINA, Carlos Alberto. Evaluación de la digestibilidad de dietas en trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*): sustitución parcial de harina de pescado por tres niveles de harina de lupino blanco (*lupinus albus*). Chile. 2004

⁴²PEZZATO L,E. *et al.*, Digestibilidad aparente de ingredientes para tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus*. Revista Brasileira de Zootecnia. Brasil. 2002

⁴³MUNDNEIM, H. OPSTVEDT, J. Proc. Third Int. Synp. Feed Nutr. Fish, Topa – Japon. 1990. Citado por: SANDBOL, P. Nueva tecnología en la producción de harina de pescado. Barcelona, España. 1993

Los valores de digestibilidad aparente total (DAT) encontrados en este estudio, son inferiores a los reportados por los anteriores autores para la harina de pescado. Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Destacando de esta manera que la inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado no afecta la digestibilidad aparente total.

3.2.2 Digestibilidad aparente de nutrientes. Los resultados de digestibilidad aparente para cada uno de los nutrientes son los siguientes:

3.2.2.1 Digestibilidad aparente de materia seca. El análisis de varianza, arrojó que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS), de acuerdo a las dietas evaluadas con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se citan en el cuadro 9.

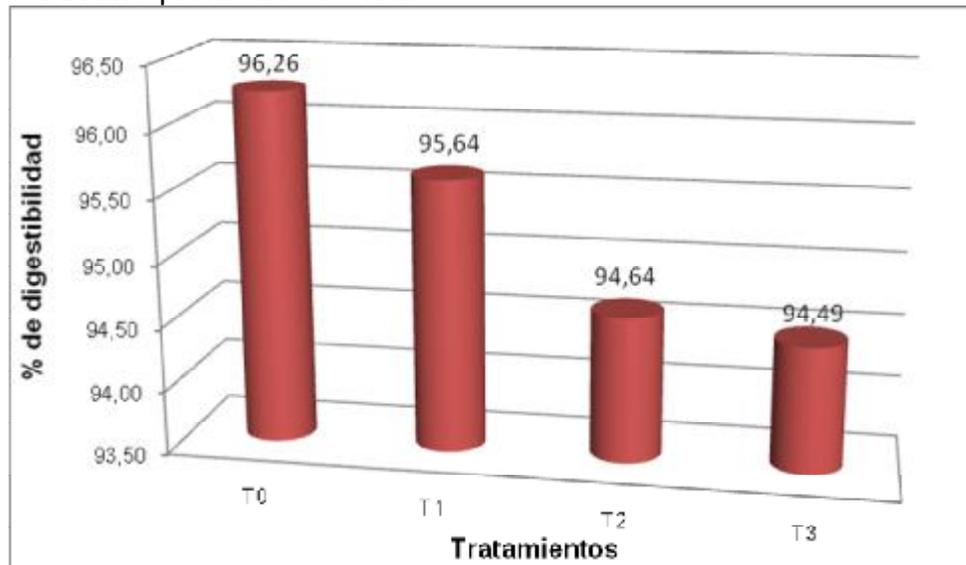
Cuadro 9. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de Materia Seca (DAMS)

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	14,51	-	-	-
Tratamiento	3	6,36	2,12	2,08	4,07
Error	8	8,15	1,02	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Según figura 19, se puede destacar que el tratamiento T0 presentó una DAMS levemente superior a los demás tratamientos; en orden de respuesta continuo T1, seguido de T2 y en último lugar T3

Figura 19. DAMS promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

Lo anterior se debe a que la tilapia utiliza eficientemente los nutrientes presentes en el ensilado de residuos de pescado, ya que la digestibilidad de la materia seca está por encima del 90%. Para la realización de la harina de pescado, la materia prima es sometida a procesos de cocción por ello, los nutrientes quedan más disponibles para la asimilación, en comparación con el ensilaje el cual en su elaboración no se realizan procesos de cocción⁴⁴.

Al evaluar la composición química y digestibilidad de la energía y nutrientes de la harina de residuos de la industria de fileteado de tilapia en tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*), encontraron valores de digestibilidad aparente para la materia seca de 83.55%⁴⁵.

En estudios realizados con ensilado ácido de pescado para determinar la digestibilidad y rendimiento de la tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*), reportan valores de digestibilidad para la materia seca de 95,49%⁴⁶.

⁴⁴MORAES DE OLIVEIRA, Marinez. *et al.*, Silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias para girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw,1802) – Digestibilidade e desempenho. Universidad Federal de Larvas/UFLA. Brasil. 2005

⁴⁵BOSCOLO *et al.*, Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Brasil. 2008

⁴⁶MORAES *et al.*, 2006. Op. Cit., p. 32

Al evaluar la digestibilidad aparente de las fuentes de proteína para tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*), encontrando valores para la digestibilidad aparente de la materia seca de 90,48%, lo que permite inferir sobre una mejor utilización de ensilado de las especies estudiadas, en comparación con la harina de pescado⁴⁷.

Los valores de digestibilidad aparente para la materia seca obtenidos en el presente estudio, fueron superiores a los reportados por Boscolo *et al.*, 2008 (83,56%), Pezzato *et al.*, 1988 (90,48%) y Albinati 1995 (70,56%). Y similares a los reportados por Moraes *et al.*, 2006 (95,49%). Esta investigación corrobora los resultados presentados anteriormente.

3.2.2.2 Digestibilidad aparente de extracto etéreo. Mediante un análisis de varianza, se observó que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la digestibilidad aparente del extracto etéreo (DAEE), de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente para Extracto etéreo (DAEE)

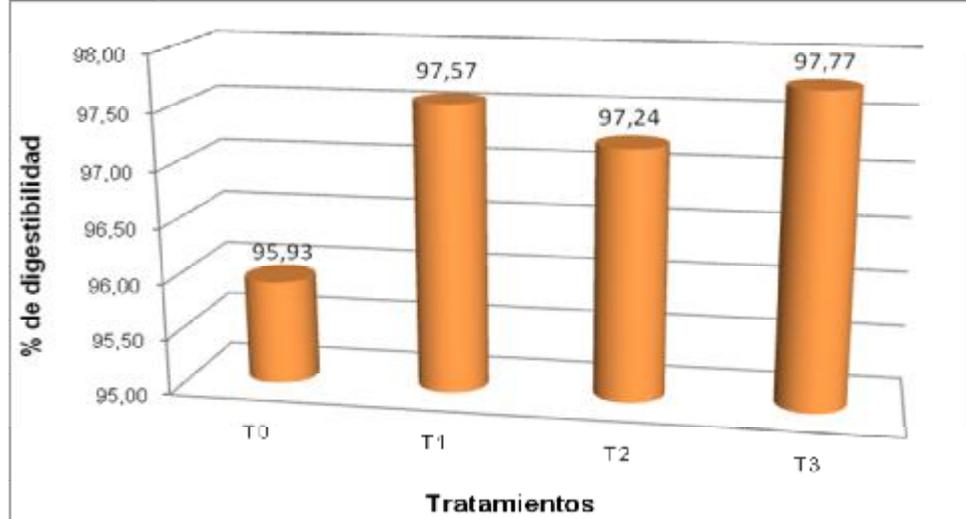
Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	13,10	-	-	-
Tratamiento	3	6,17	2,06	2,37	4,07
Error	8	6,93	0,87	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Aunque no se presentaron diferencias significativas, se observó que el tratamiento T3 obtuvo una DAEE ligeramente superior a los demás, figura 20. En orden de respuesta le sigue el tratamiento T1, luego T2, y en último lugar T0.

⁴⁷PEZZATO *et al.*, Digestibilidade aparente de fontes protéicas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA. 1988. Citado por: MORAES *et al.*, Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006

Figura 20. DAEE promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

El contenido de lípidos en la materia prima y en el ensilaje es una medida importante de la calidad del producto. Incluso con el alto contenido de lípidos, que pueden afectar el procesamiento y almacenamiento del producto, de acuerdo con la composición de lípidos presentes en el ensilaje la tilapia (provenientes de los residuos de canales y vísceras), este se puede utilizar en lugar de aceite de soja en la alimentación de una fuente de ácidos grasos poliinsaturados⁴⁸. La solubilización excesiva de la proteína puede ser reducida por los lípidos del ensilaje, lo que puede mejorar su calidad⁴⁹.

Existe una relación lineal entre el contenido de extracto etéreo en la dieta y aumento de filete de pescado, sin afectar el porcentaje de grasa de la carne y el rendimiento de los peces. Esto sugiere que la relación de los hidratos de carbono/lípidos en la escala de la dieta, así como su composición de ácidos grasos, puede ser más adecuado a las necesidades nutricionales de la tilapia⁵⁰.

⁴⁸MAIA, W. M. *et al.*, El uso de la fracción lipídica de ensilaje de residuos de tilapia para su uso en los piensos para la acuicultura. *Anais Acuicultura Brasil*, [S.L.], v. 2, 1998 : citado por: MORAES *et al.*, Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006

⁴⁹RAMOS, O. V. *et al.*, Ensayo sobre la alimentación de la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) con pescado en los ácidos orgánicos e inorgánicos (ensilaje de pescado). *Boletín Científico INPA*, [S.L.], v. 2, 1994. Citado por: MORAES. *et al.*, Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006

⁵⁰BOSCOLO, W. R. *et al.*, La digestibilidad aparente de la energía y la harina de proteína para los residuos de fileteado de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y corvina (*Plagioscion squamosissimus*) y pan integral Canela Camarones (*Macrobrachium amazonicum*) para la tilapia del Nilo Occidental. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 33, n. 1, 2004

Al evaluar la digestibilidad y desempeño de alevinos de tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con dietas que contenían diferentes niveles de inclusión de ensilaje ácido de pescado, encontraron valores para la digestibilidad aparente del extracto etéreo de 97,18%⁵¹.

En evaluaciones con tilapia de nilo, reportan valores de digestibilidad aparente de extracto etéreo en harina de pescado de 96,36%⁵².

Los resultados obtenidos corroboran las investigaciones realizadas por Moraes *et al.*, 2006, y Pezzato *et al.*, 1998, debido a que los valores de digestibilidad aparente para el extracto etéreo fueron similares a los reportados en los anteriores estudios. La dieta con 30%(97,77) de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado, presentó un mayor porcentaje de DAEE, seguida de la 10% con 97,57%, 20% con 97,24% y 0% con 95,93%, destacando que las dietas con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado, no afectan la digestibilidad aparente del extracto etéreo, por el contrario, la inclusión de ensilaje de pescado permite que la DAEE mejore.

3.2.2.3 Digestibilidad aparente de cenizas. Al realizar un análisis de varianza, se describe que las dietas evaluadas no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en cuanto a la digestibilidad aparente de cenizas (DACE), con relación al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Los resultados se citan en el cuadro 11.

Cuadro 11. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de Cenizas (DACE)

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	108,31	-	-	-
Tratamiento	3	39,25	13,08	1,52	4,07
Error	8	69,06	8,63	-	-

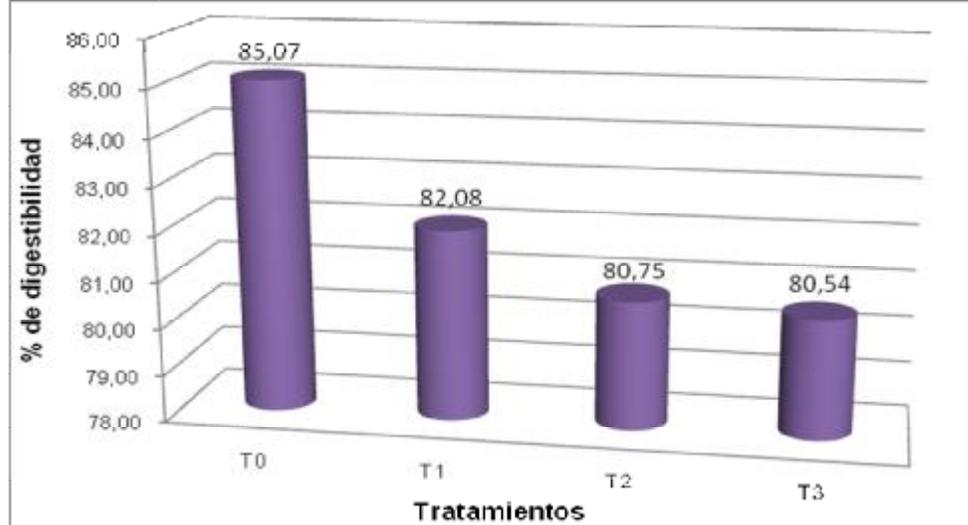
Fuente: Los autores. 2010

Según figura 21, se puede destacar que el tratamiento T0 presentó una DACE levemente superior a los demás tratamientos; en orden de respuesta continuo T1, seguido de T2 y en último lugar T3.

⁵¹MORAES *et al.*, 2006. Op. cit., p. 32

⁵²PEZZATO *et al.*, 1988. Citado por: MORAES *et al.*, 2006. Op. cit., p.54

Figura 21. DACE promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

El alto contenido de cenizas en dietas con ensilaje de pescado se debe a la utilización de residuos de canales para la elaboración del ensilaje, por consiguiente destaca que el ensilaje de pescado es una buena fuente de minerales⁵³.

Al evaluar la digestibilidad aparente para la harina de residuos de fileteado de la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), de corvina (*Plagioscion squamosissimus*) y la de langostino (*Macrobrachium amazonicum*) para la tilapia del nilo, encontraron valores promedio para las cenizas de 30,13%⁵⁴.

En evaluaciones de digestibilidad aparente para la harina de pescado producida con la piel y los huesos, obtuvieron valores para las cenizas de 38,50%⁵⁵.

La dieta con 0% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado, presentó mayor porcentaje de DACE (85,07%), seguida de la dieta con 10% de inclusión (82,08%), luego la del 20% (80,75%) y en último lugar la dieta de 30% (80,54%). Estos valores son superiores a los reportados las investigaciones citadas anteriormente.

⁵³PEREIRA, C. A. R. Silagem biológica de peixe: alternativa para o aproveitamento de resíduos de filetagem de peixes. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2002

⁵⁴BOSCOLO *et al.*, 2004. Op. cit., p. 53

⁵⁵SUGIURA, S.H. *et al.*, Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research, v.31, p.585-593, 2000

3.2.2.4 Digestibilidad aparente de proteína cruda. El análisis de varianza, permitió deducir que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC), de acuerdo a los porcentajes de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado evaluados. Los resultados se citan en el cuadro 12.

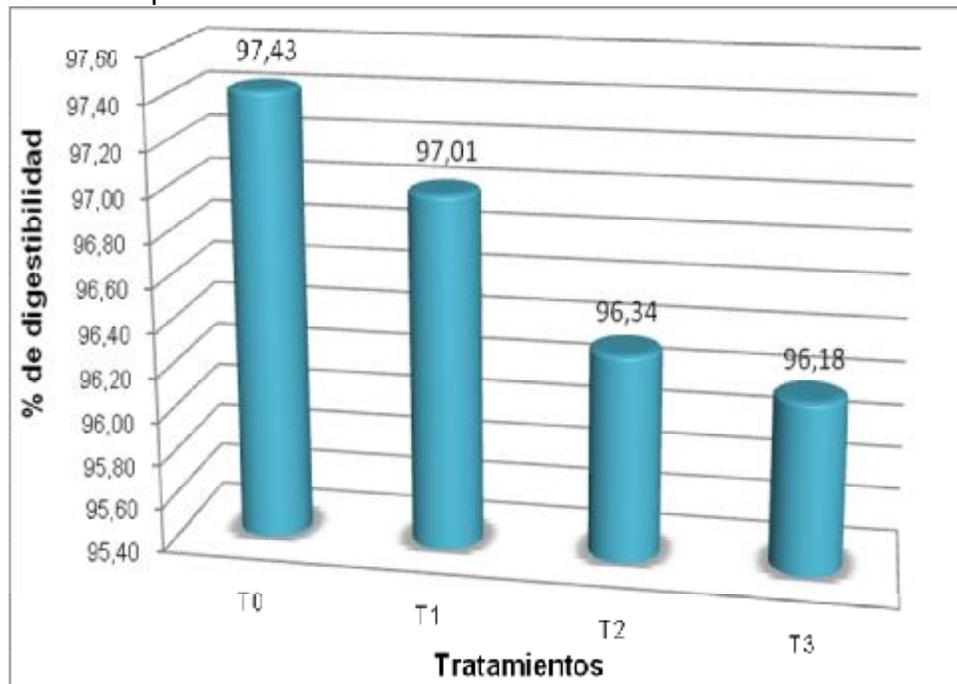
Cuadro 12. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente Proteína Cruda (DAPC)

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	6,80	-	-	-
Tratamiento	3	3,06	1,02	2,17	4,07
Error	8	3,75	0,47	-	-

Fuente: Los autores. 2010

De la figura 22, podemos destacar que el tratamiento T0 presentó una DAPC ligeramente superior comparado con los demás, en orden de respuesta continuo T1, seguido de T2 y en el último lugar T3.

Figura 22. DAPC promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

La alta digestibilidad de las proteínas observadas en las dietas cuando se incluye ensilaje de residuos de pescado, se debe a la acción de proteasas endógenas presentes en los tejidos de los peces, aumentando la solubilidad de la proteína⁵⁶. Otra ventaja es que la solubilización excesiva de la proteína puede ser reducida por los lípidos presentes en el ensilaje, lo que puede mejorar su calidad y digestibilidad⁵⁷.

Al evaluar la composición química y digestibilidad de la energía y nutrientes de la harina de residuos de la industria de filetes de tilapia en la tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*), encontraron valores para la digestibilidad aparente de la proteína de 88,13%⁵⁸.

Al determinar la digestibilidad y desempeño de alevinos de tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con dietas que contenían diferentes niveles de inclusión de ensilaje ácido de pescado, encontraron valores para la digestibilidad aparente de la proteína cruda de 96,66%⁵⁹.

Los valores para la digestibilidad aparente de la proteína cruda encontrados en esta investigación, fueron superiores a los reportados por Moraes *et al.*, 2005 y Boscolo *et al.*, 2008, y similares a los reportados por Moraes *et al.*, 2006, en estudios realizados con ensilaje ácido de residuos de pescado; debido a que la DAPC para T0 fue de 97,43%, T1 97,01%, T2 96,34% y T3 96,18%. Destacando que el ensilaje biológico de residuos de pescado es una fuente alimenticia para alimentación animal que presenta una alta digestibilidad de nutrientes.

3.2.2.5 Digestibilidad aparente de energía bruta. El análisis de varianza, arrojó que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 13.

⁵⁶MORAES *et al.*, 2006. Op. cit., p. 32

⁵⁷RAMOS *et al.*, 1994. Citado por: MORAES *et al.*, 2006. Op. cit. p. 55

⁵⁸BOSCOLO *et al.*, 2008. Op. cit., p. 53

⁵⁹MORAES *et al.*, 2006. Ibid., 1

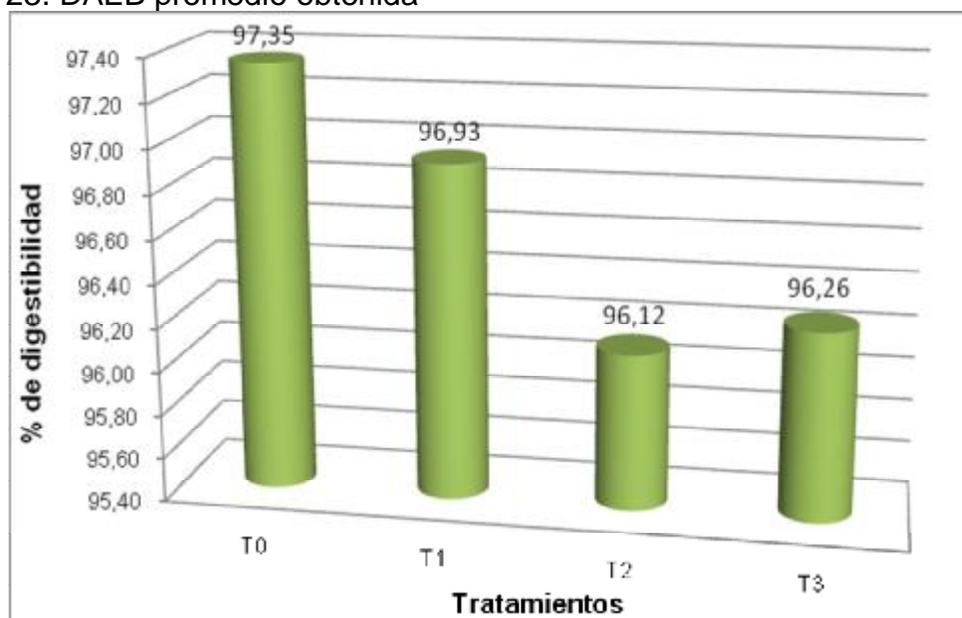
Cuadro 13. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente Energía bruta (DAEB)

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	9,50	-	-	-
Tratamiento	3	3,02	1,01	1,24	4,07
Error	8	6,49	0,81	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Aunque no se presentaron diferencias significativas, se observó que el tratamiento T0 obtuvo una DAEB ligeramente superior a los demás, según figura 23. En orden de respuesta le sigue el tratamiento T1, luego T3, y en último lugar T2.

Figura 23. DAEB promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

Estos valores de digestibilidad aparente de la energía bruta se debe a los altos niveles de lípidos presentes en el ensilaje, por lo tanto la inclusión de este en dietas para alimentación animal es una buena alternativa nutricional⁶⁰. Los porcentajes elevados de digestibilidad en la energía bruta en dietas con ensilaje se deben a la relación de los hidratos de carbono/lípidos en la escala de la dieta, así como su composición de ácidos grasos, destacando que la energía presente en las dietas con ensilaje puede ser más adecuada a las necesidades nutricionales de la tilapia⁶¹.

⁶⁰CASTRO, J. C. *et al.*, El valor nutritivo de algunos alimentos para las ranas. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa. 2001.

⁶¹BOSCOLO *et al.*, 2008. Op. cit., p. 53

En estudios realizados para evaluar la digestibilidad y desempeño de alevinos de tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con dietas que contenían diferentes niveles de inclusión de ensilaje ácido de pescado, reportan valores para la digestibilidad aparente de la energía bruta de 95,44%⁶². Al evaluar la composición química y digestibilidad de la energía y nutrientes de la harina de residuos de la industria de filetes de tilapia en la tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*), encontraron valores para la digestibilidad aparente de la energía bruta de 84,74%⁶³.

Los resultados obtenidos en el presente estudio corroboran las investigaciones citadas anteriormente, y además, son superiores a los reportados Moraes *et al.*, 2005 y 2006, y Boscolo *et al.*, 2008, debido a que se registraron valores para T0 de 97,35%, seguido de T1 con 96,93%, T3 con 96,26% y en último lugar T2 con 96,12%. Destacando la alta digestibilidad que presentan las dietas con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado debido al contenido de lípidos poliinsaturados que son más adecuados a las necesidades nutricionales de la tilapia.

3.2.2.6 Digestibilidad aparente de minerales (Calcio y Fósforo). Mediante un análisis de varianza, se observó que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la digestibilidad aparente del calcio (DACa) y del fósforo (DAP) de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 14 y 15.

Cuadro 14. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de calcio (DACa)

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	48,15	-	-	-
Tratamiento	3	16,07	5,36	1,34	4,07
Error	8	32,08	4,01	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Cuadro 15. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de fósforo (DAP)

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	28,45	-	-	-
Tratamiento	3	1,68	0,56	0,17	4,07
Error	8	26,77	3,35	-	-

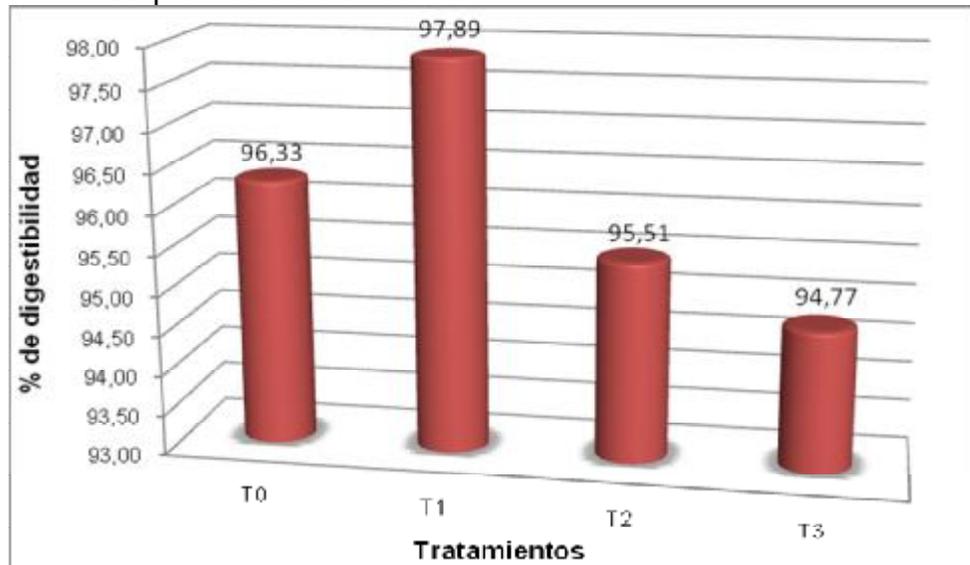
Fuente: Los autores. 2010

⁶²MORAES *et al.*, 2006. Op. cit., p. 32

⁶³BOSCOLO *et al.*, 2008. Ibid., 1

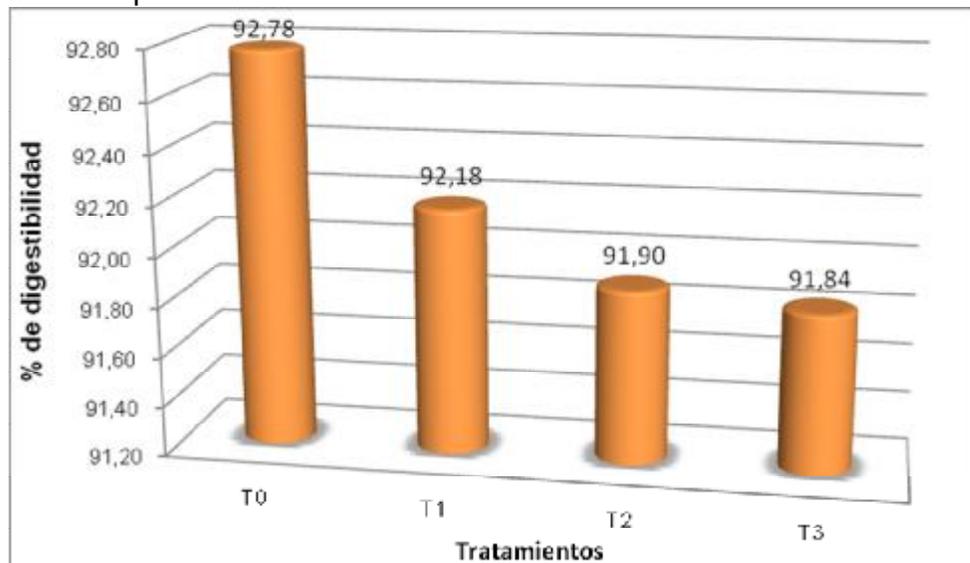
Del la figura 24, podemos notar que T1 presentó una DACa ligeramente superior comparados con las demás dietas, seguida de T0, luego T2 y por último T3. Y de la figura 25, se observó que el tratamiento T0 obtuvo una DAP levemente superior comparada con los demás, en orden de respuesta le sigue T1, luego T2 y en último lugar T3.

Figura 24. DACa promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

Figura 25. DAP promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

El ensilaje de pescado presenta altos niveles de minerales, especialmente de Ca y P, y por lo tanto puede ser utilizado como un suplemento alimenticio para la alimentación animal⁶⁴.

Al evaluar la composición química y digestibilidad de la energía y nutrientes de la harina de residuos de la industria de filetes de tilapia en la tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*), encontraron valores para la digestibilidad aparente del Ca de 51,10% y P 70,44⁶⁵.

En evaluaciones con harina de pescado, reportan valores para la digestibilidad aparente del Ca de 59,56%⁶⁶.

En estudios para evaluar la digestibilidad con harina de subproductos de peces y animales para disminuir la contaminación en la alimentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), reportan valores para la digestibilidad aparente del P de 94,09%⁶⁷.

Los resultados de DACa y DAP obtenidos en la presente investigación, son superiores a los reportados por Riche y Brow. 1996 y Boscolo *et al.*, 2008, y similares a los reportado por Sugiura 2002. La dieta con 10% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado presentó una DACa de 97,89%, seguida de 0% de inclusión con 96,33%, luego 20% con 95,51% y T3 con 94,77%. En cuanto que para DAP, la dieta que presentó mejor comportamiento fue T0 con 92,78%, seguida de T1 con 92,18%, T2 con 91,90% y en último lugar T3 91,84%.

3.2.2.7 Digestibilidad aparente de fibra cruda. El análisis de varianza, arrojó que los tratamientos asignados presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para la digestibilidad aparente de la fibra cruda (DAFC), de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 16.

⁶⁴HAARD *et al.*, La estabilización de la proteína y aceite en el ensilaje de pescado para su uso como suplemento de piensos para rumiantes. Oficial de la Ciencia de Alimentos y la Agricultura. 1995.

⁶⁵BOSCOLO *et al.*, 2008. Op. cit., p. 53

⁶⁶RICHE, M.; BROWN, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, v.142, p.269-282, 1996. Citado por: BOSCOLO *et al.*, 2008. Op. cit., p. 53

⁶⁷SUGIURA, S.H. *et al.*, Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research, v.31, p.585-593, 2000. Citado por: BOSCOLO *et al.*, 2008. Op. cit., p 53

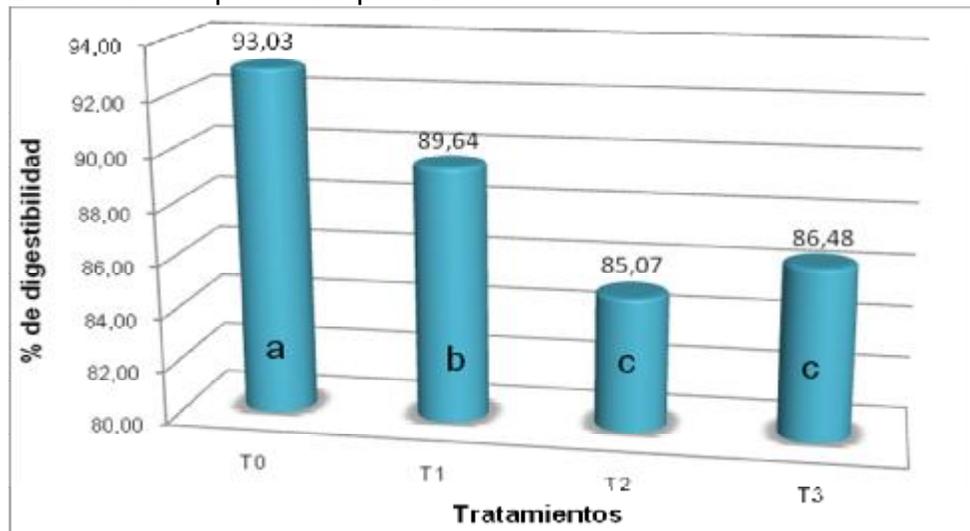
Cuadro 16. Resultados ANAVA Digestibilidad Aparente de Fibra cruda (DAFC)

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	136,47	-	-	-
Tratamiento	3	112,93	37,64	12,79	4,07
Error	8	23,55	2,94	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Mediante una prueba de promedios ($\alpha=0.05$), por el método de Tukey se observó que el tratamiento que presentó una mayor DAFC fue T0 asignado con la letra (a) según figura 26. En orden de respuesta continuo el tratamiento T1 asignado con la letra (b), seguido del tratamiento T3 y T2 asignados con la letra (c) los cuales no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Figura 26. Prueba de promedio para DAFC



Fuente: Los autores. 2010

En evaluaciones realizadas para determinar la digestibilidad aparente de la energía y la proteína en harina de los residuos de fileteado de la tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), corvina (*Plagiosciscn squamosissimus*) y de camarones (*Macrobrachium amazonicum*) para la tilapia del nilo, encontraron valores de digestibilidad para la fibra cruda de 67,09%⁶⁸.

⁶⁸BOSCOLO *et al.*, 2004. Op. cit., p. 56

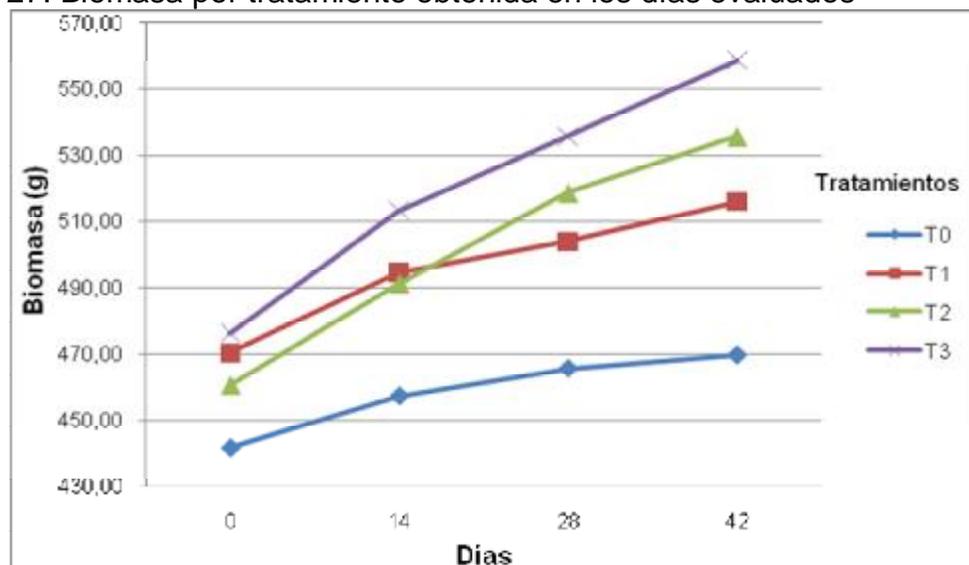
El de DAFC hallado en este estudio, fue superior al reportado por Boscolo *et al.*, 2004; debido a que se registraron valores para T0 de 93,03%, seguido de T1 con 89,64%, luego T3 con 86,48% y en último lugar T2 con 85,07%. Por desgracia, la literatura disponible en cuanto a evaluaciones de digestibilidad de fibra cruda en harina, subproductos y ensilaje de pescado, es escasa y permite pocas comparaciones.

3.3 RENDIMIENTO

El rendimiento se refiere a los resultados obtenidos en los parámetros zootécnicos (ganancia de peso e incremento de talla).

3.3.1 Ganancia de peso. Los resultados presentaron incremento lineal para la ganancia de peso en cada una de los días evaluados. En la figura 27 se presentan los datos obtenidos de los tratamientos.

Figura 27. Biomasa por tratamiento obtenida en los días evaluados



Fuente: Los autores. 2010

Mediante un análisis de varianza, se observó que los tratamientos asignados presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Resultado ANAVA ganancia de peso

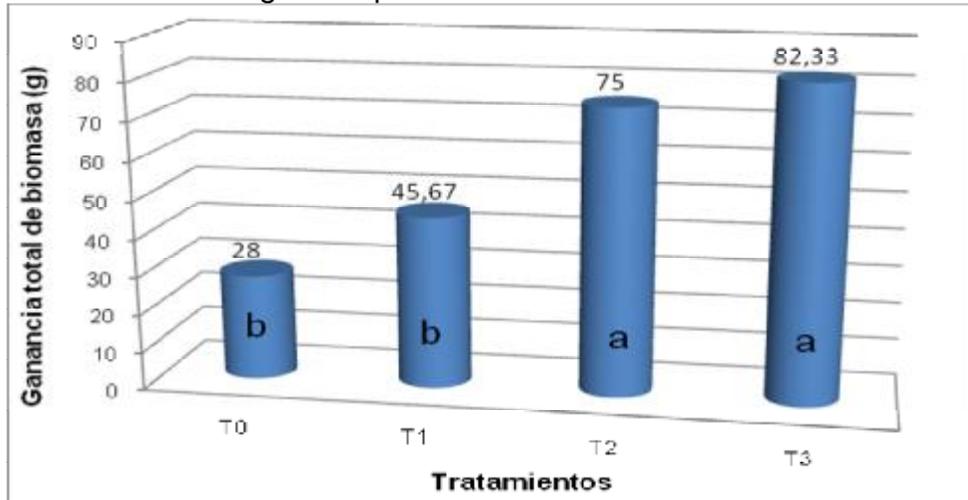
Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	447,01	-	-	-
Tratamiento	3	318,51	106,17	6,61	4,07
Error	8	128,50	16,06	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Mediante una prueba de promedios ($\alpha=0.05$), por el método de Duncan, se observó que los tratamientos que presentaron mejor efecto sobre la ganancia de peso fueron T3 y T2 asignados con la letra (a) según figura 28, los cuales no presentaron diferencias significativas entre ellos en cuanto a la respuesta obtenida.

En orden de respuesta continuaron los tratamientos T1 y T0 asignados con la letra b, los cuales tampoco presentaron diferencias significativas entre ellos para ganancia de peso.

Figura 28. Biomasa total ganada por tratamiento



Fuente: Los autores. 2010

De la figura 28, se puede deducir que el tratamiento T3 con 82,33 g de biomasa total ganada y con 22,05 g de ganancia promedio de peso, presentó un comportamiento ligeramente mejor que T2 con 75 g de biomasa total ganada y 20,42 g de ganancia promedio de peso. Y fue significativamente superior a los tratamientos T1 y T0, los cuales presentaron 45,67 g de biomasa total ganada con 12,42 g de ganancia de peso promedio, y 28 g de biomasa total ganada con 9,89 g de ganancia promedio de peso respectivamente.

Este comportamiento se debe a que la tilapia en sus hábitos alimenticios es predominantemente el fitoplancton, el cual en su composición es bajo en carbohidratos. La ingesta de carbohidratos en el alimento natural de la tilapia, sobre todo en forma de almidón es poco, lo que permite deducir que su capacidad para digerir este tipo de nutrientes es baja en comparación con la capacidad para digerir los lípidos⁶⁹. Los lípidos son una fuente inmediata de energía y ácidos grasos esenciales para la mayoría de las especies de peces, y están presentes en grandes cantidades en los organismos planctónicos. El ensilaje biológico de residuos de pescado es una fuente inmediata de energía y de ácidos grasos, los cuales la tilapia puede aprovechar fácilmente de forma inmediata incurriendo en un gasto menor de energía en los procesos metabólicos, por lo que se genera mayor ganancia de masa muscular⁷⁰.

Al evaluar el ensilaje preparado con los desechos orgánicos de pescado para sustituir la harina de pescado y de carne de pescado como fuente de proteína en alevinos de 105 días de edad, descubrió que el aumento en el peso corporal de alevinos fue gradual, el cual se produce con la misma longitud, y el análisis de varianza mostró que no había ninguna diferencia significativa entre tratamientos⁷¹.

En estudios con alevinos de tilapia mediante la inclusión de ensilaje de pescado (10, 20 y 30%) en lugar de una dieta comercial, señaló que el peso final de los alevinos en los diferentes tratamientos fue menor cuando se utiliza el concentrado comercial sin inclusión de ensilaje de pescado, y que este presentó un comportamiento lineal de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje. Logrando un mayor incremento cuando se utiliza una concentración de ensilaje del 30% en las dietas⁷².

Al evaluar el ensilaje de pescado en la alimentación de especies menores en lugar de la harina de soya en la proporción de 0, 50 y 75%, destacan que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, haciendo hincapié en que el tratamiento con 75% de sustitución fue el de mejor rendimiento⁷³.

⁶⁹HASSAN, S Edwards. P, Little, DC Comparación de monocultivo de tilapia y la carpa de policultivo en estanques de tierra fertilizados. Oficial de la Sociedad Mundial de Acuicultura, v.28, p.268-274, 1997

⁷⁰TAVARES, Sipaúba. L.H, ROCHA, O. La producción de plancton (fitoplancton y zooplancton) se alimentan de organismos acuáticos. San Carlos, Rima. 2003

⁷¹LESSI. 2004. Op. cit., p. 31

⁷²PEREIRA 2002. Op. cit., p. 57

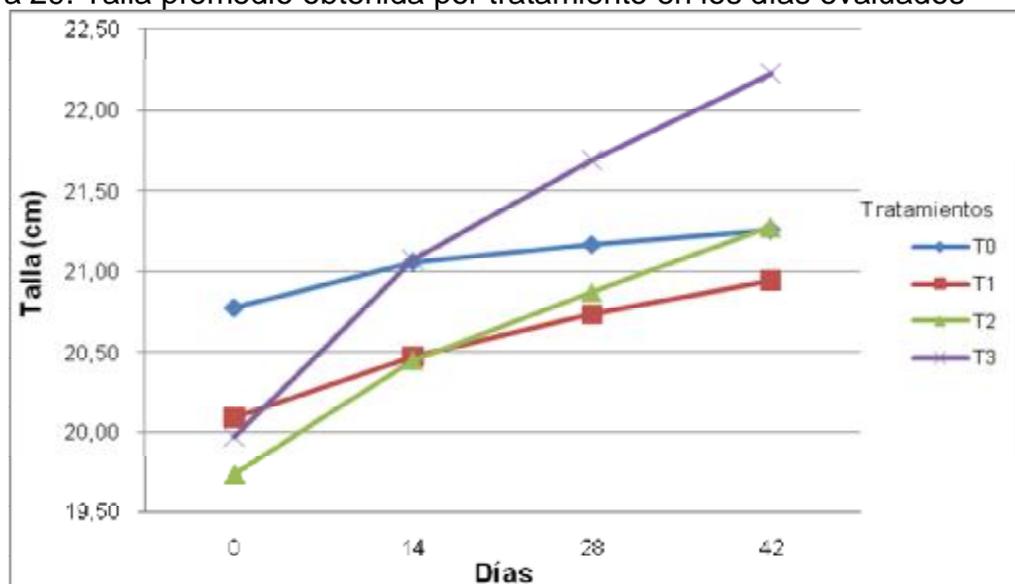
⁷³BERMUDEZ *et al.*, Ensilaje de vísceras de pescado Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) como fuente de proteína para la alimentación de cerdos de engorde em uma dieta com aceite cruo de palma (*Elaeis guineensis*–*Elaeis oloifera*). Livestock Reserch for Rural Development, Amsterdam, v. 11, n. 2, 1999.

En estudios del ensilaje biológico de pescado en la alimentación de especies menores (0, 10, 20 y 30%). Destacan un mayor rendimiento en canal cuando utilizaron 30% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado en las dietas. Además, la ganancia de peso con 10, 20 y 30% de ensilaje (906, 959 y 942 gr respectivamente), fue significativamente ($p < 0,05$) mayor a la presentada por la dieta que no presentó inclusión de ensilaje (667 gr), registrándose mayor ganancia de peso con el 20 y 30% de inclusión⁷⁴.

Los resultados obtenidos en este estudio para la ganancia de peso, corroboran lo citado por los anteriores autores, debido a que las dietas que presentaron mayor ganancia de peso para la alimentación de tilapia roja en la fase de engorde fueron T3 (30% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado), seguida de T2 (20% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado), T1 (10% de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado), y por ultimo esta T0, la cual no presentaba inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado.

3.3.2 Incremento de talla. Se presentó un incremento lineal para el incremento de talla en cada uno de los días evaluados. En la figura 29, se presentan los resultados obtenidos de los tratamientos.

Figura 29. Talla promedio obtenida por tratamiento en los días evaluados



Fuente: Los autores. 2010

⁷⁴MATTOS C, Jessika. CHAUCA F, Lilia. H, Felipe San Martin. CARCELEN C, Fernando. ARBAIZA F, TERESA. Uso del ensilaje biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. Revista de Investigación Veterinaria del Perú. Perú. 2003

Mediante un análisis de varianza, se observó que los tratamientos asignados presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) para el incremento en talla, de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 18.

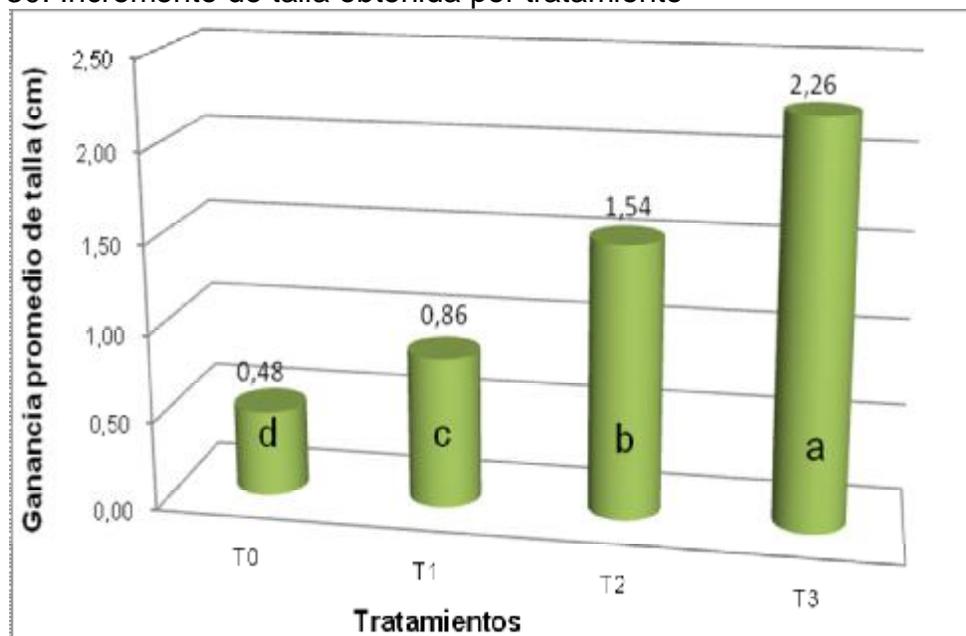
Cuadro 18. Resultado ANAVA incremento de talla

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	6,06	-	-	-
Tratamiento	3	5,53	1,84	27,65	4,07
Error	8	0,53	0,07	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Mediante una prueba de promedios ($\alpha = 0.05$), por el método de Tukey se observó que el tratamiento que presenta un mejor efecto sobre el incremento de talla fue T3 asignado con la letra (a) según figura 30. En orden de respuesta continuó el tratamiento T2 asignado con la letra (b), seguido del tratamiento T1 (c) y T0 (d) presentó un incremento menor para la ganancia de talla.

Figura 30. Incremento de talla obtenida por tratamiento



Fuente: Los autores. 2010

De la figura 30, se puede deducir que el tratamiento T3 con 2,26 cm de incremento promedio en talla, fue significativamente mejor que los demás; T2 con 1,54 cm no fue superior ni igual a T3, pero si presentó un aumento significativamente superior a T1 y T0, los cuales también presentaron diferencias significativas entre ellos, notándose en T1 un incremento de 0,86 y en T0 0,48 cm.

Muchos autores han coincidido en que existen varios factores que afectan el crecimiento de los peces como son los requerimientos proteicos, la tasa de alimentación y la temperatura del agua, entre otros⁷⁵. En cuanto a requerimientos proteicos se trata, es necesario considerar la calidad de las proteínas, el contenido de energía y la digestibilidad de los ingredientes, lo que al incluir el ensilaje de pescado en las raciones para tilapias se garantiza que puedan contar con una cantidad importante de proteína de alto valor biológico, que se traduce en una adecuada disponibilidad de aminoácidos esenciales, ácidos grasos y alta digestibilidad de la proteína⁷⁶.

Al trabajar con tilapia roja de 6,5 cm de longitud inicial, a las cuales se les suministro 0, 10, 20 y 30% de ensilado ácido de residuos de pescado, observó que a mayor porcentaje de inclusión de ensilaje, se genera mayor ganancia de talla⁷⁷.

En sayos con alevines de Cachama negra (*Colossoma macropomum*), de 4,4 cm en promedio, y el suministro de ensilado biológico para sustituir la harina de pescado, señaló que el aumento de la longitud fue progresiva, aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos⁷⁸.

Al evaluar el rendimiento de la tilapia del nilo alimentada con cuatro dietas basadas en ensilaje de desechos de la pesca ecológica. La dieta comercial fue sustituida por 0, 10, 20 y 30% de ensilado en 90 días a 48 alevinos. La ganancia promedio de longitud durante el período fueron de 5.20, 6.05, 6.19, y 6.15 cm, respectivamente⁷⁹.

⁷⁵WEBSTER, C.D. y C Lim. introduction to fish nutrition. Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. 2002

⁷⁶TOLEDO, J. y J. Llanes. Manual práctico para nutrición y alimentación de peces. Documento manuscrito. Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Habana. Cuba. 2002

⁷⁷PEREIRA. 2002. Op. cit., p. 57

⁷⁸LESSI. 2004. Op. cit., p. 31

⁷⁹SALES, J. BRITZ, P. J. Rendimiento de la tilapia del Nilo alimentada con cuatro dietas basadas en ensilaje de desechos de la pesca ecológica. Acuicultura y Nutrición. 2002

En estudios para determinar la digestibilidad y desempeño de alevinos de tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con dietas que contenían diferentes niveles de ensilaje ácido de pescado (0, 10, 20, 30 y 40 %), los resultados obtenidos permitieron deducir que no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos, haciendo hincapié en que hubo un incremento lineal en la ganancia de talla, la dieta que mayor ganancia de talla presentó fue la de 30% de inclusión de ensilaje (2,62 cm), seguida del 10 y 20% de inclusión (2,50 cm), y le siguen en su orden 40% (2,47 cm) y 0% (2,42 cm)⁸⁰.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden en lo citado por los anteriores autores, logrando mejores resultados con la evaluación del 30% de ensilaje biológico de residuos de pescado, seguido por el 20% de inclusión, 10% y en el último lugar la dieta con 0% de inclusión. El tratamiento T3 con 2,26 cm presentó un incremento en talla similar al obtenido por Moraes *et al.*, 2006.

3.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA (CA)

Mediante un análisis de varianza, los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la variable conversión alimenticia, de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado. Los resultados obtenidos se citan en el cuadro 19.

Cuadro 19. Resultados ANAVA conversión alimenticia (CA)

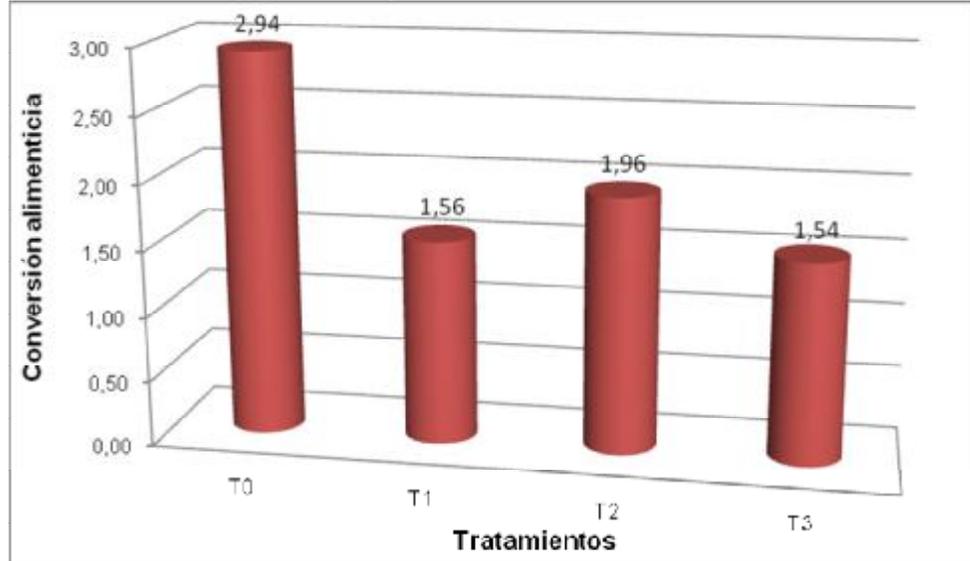
Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	11	11,12	-	-	-
Tratamiento	3	3,84	1,28	1,41	4,07
Error	8	7,27	0,91	-	-

Fuente: Los autores. 2010

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, se observó que el tratamiento T3 obtuvo una mejor conversión alimenticia comparada con los demás, según figura 31. En orden de respuesta le sigue el tratamiento T1, luego T2, y en último lugar T0.

⁸⁰MORAES *et al.*, 2006. Op. cit., p. 32

Figura 31. Conversión alimenticia promedio obtenida



Fuente: Los autores. 2010

Lo anterior se debe a que los peces que reciben las dietas con ensilado de pescado son más activos en el momento de la alimentación, lo que demuestra que posiblemente hay una mayor palatabilidad, la cual es debido a las sustancias solubles disponibles en el ensilado, considerando el consumo de estimulantes presentes en el ensilaje⁸¹.

Al evaluar el efecto del ensilaje de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) sobre el comportamiento productivo y el contenido de ácidos omega -3 en hígado, músculos y pechuga, de pollos de engorde. Encontraron que los tratamientos con mayor inclusión de ensilaje (20 y 10%) presentaron una conversión alimenticia mejor que la dieta que no presentaba inclusión de ensilaje⁸².

Al evaluar el uso del ensilado biológico de pescado en la alimentación de especies menores. Observando que la conversión alimenticia fue mejor con las dietas que presentaban mayor inclusión de ensilaje de residuos de pescado entre el 30, 20 y 10⁸³.

⁸¹MORAES *et al.*, 2006. Op. cit., p. 32

⁸²BETANCUR *et al.*, Efecto del ensilaje de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) sobre el comportamiento productivo y el contenido de ácidos omega-3 en hígado, muslos y pechuga, de pollos de engorde. Facultad de Zootecnia, Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia.2005

⁸³MATTOS. 2003. Op. cit., p. 68

En evaluaciones para determinar la digestibilidad y desempeño de alevinos de tilapia de nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con dietas que contenían diferentes niveles de ensilaje ácido de pescado (0, 10, 20, 30 y 40 %), los resultados obtenidos permitieron deducir que no se presentaron diferencias significativas para la conversión alimenticia (CA), destacando que el tratamiento que mejor resultados presentó fue el de 10% de inclusión con 1.23, seguido de 30% con 1.24, en orden continuaron 40, 20, y 0% con 1.31, 1.33 y 1.36 respetivamente⁸⁴.

Los resultados obtenidos en el presente estudio corroboran lo citado por los anteriores autores, el tratamiento que presentó una mejor conversión alimenticia fue T3 (1,54), seguido de T1 (1,56), y en su orden le siguen T2 (1,96) y T0 (2,94). Estos valores aunque mayores son similares a los obtenidos por Moraes et al. 2006, destacando que los del presente estudio fueron obtenidos de la etapa de engorde, mientras que los citados anteriormente fueron evaluados en la etapa de alevino. La tilapia al igual que otros animales, presenta una conversión alimenticia más baja en las etapas iniciales en comparación con la etapa final.

⁸⁴MORAES *et al.*, 2006. Op. cit., p. 32

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

En el cuadro 20, se presenta el costo por kilogramo y por bulto de concentrado para cada una de las dietas evaluadas. También se cita el costo promedio del concentrado comercial mojarra 24.

Cuadro 20. Costo por kilogramo y por bulto de concentrado para cada una de las dietas evaluadas

Dieta	Costo/kg	Costo/bulto
T0	\$2.051	\$82.040
T1	\$1.896	\$75.840
T2	\$1.821	\$72.840
T3	\$1.747	\$69.880
Mojarra 24	\$2.250	\$90.000

Fuente: Los autores. 2010

Al comparar el costo por kilogramo de concentrado y por bulto de la dieta T0 con T1, T2 y T3, del cuadro podemos deducir que: si se incluye un 10, 20 y 30% de ensilaje biológico de residuos de pescado en dietas para alimentación de tilapia, representaría una disminución en los costos por alimentación de \$154, \$229 y \$303 por kg; y \$6.200, \$9.200 y \$12.160 por bulto respetivamente, lo que significa un 7.5%, 11.2% y 14.8% de ahorro. Si se relacionan los tratamiento evaluados con el costo promedio del concentrado comercial (M. 24), representaría el 15.7%, 19.1% y 22.4% de disminución en gastos por concentrado.

Para producir una tonelada de carne de tilapia en La Salvajina (Según Hoyos. 2009)⁸⁵, se requieren 43 bultos de concentrado en la etapa de engorde, en T0 representaría un gasto de \$3,527.720, mientras que en T1 \$3,261.100, T2 \$3,132.120 y T3 \$3,004.840, por lo cual al incluir ensilaje representaría un ahorro de \$266.600, \$395.600 y \$522.880 por tonelada respetivamente.

Al comparar el costo de alimentación para producir una tonelada de carne de tilapia con concentrado comercial (\$3,870.000), se gastarían \$608.880, \$737.880 y \$865.160 menos por tonelada respetivamente al incluir ensilaje para la alimentación de tilapia en La Salvajina.

⁸⁵HOYOS. 2009. Op. cit., p. 35

La conversión alimenticia (CA), obtenida por cada tratamiento, permite deducir que: para producir 1 kg de carne en la dieta T0, se demandan 2.94 kg de concentrado, mientras que si se incluye ensilaje se requieren para T1 1.56, T2 1.96 y T3 1.54 kg de concentrado para obtener el mismo kg de carne de tilapia, esto representa un ahorro en alimentación de 1.38, 0.98 y 1.4 kg de concentrado, y en costos \$3.105, \$2.205 y \$3.150 respectivamente.

Al comparar los datos de las dietas con inclusión de ensilaje y la conversión alimenticia promedio obtenida en La Salvajina con concentrado comercial (Según Perea y Garcés. 2008)⁸⁶, Para lograr un kg de carne de tilapia en La Salvajina, se requieren 2.57 kg de concentrado, lo que representaría una disminución en los costos de alimentación con T1 de 1.01 kg, T2 0.61 kg y T3 1.03 kg, y se ahorrarían en T1 \$2.272, T2 \$1.372 y en T3 \$2.317 por kilogramo de carne producido.

De lo anterior, se puede deducir que la alimentación de tilapia con dietas alternativas que incluyan ensilaje biológico de residuos de pescado, permite una disminución significativa en los costos de alimentación y una ganancia de peso mayor en el mismo tiempo al compararla con dietas comerciales.

⁸⁶PEREA, Crispulo. GARCÉS, Yeny J. Diagnóstico de la producción piscícola en las estaciones de ASOPIM, APISMO y ASPROINCA (municipios de Suárez y Morales Cauca), con énfasis en el manejo y aprovechamiento de los residuos. Proyecto: Valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) en la represa "La Salvajina", mediante el proceso de ensilaje, incluyéndolos en un programa de aprovechamiento de residuos sólidos para la disminución de los costos de producción. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Popayán, Cauca. 2008

5. CONCLUSIONES

No se presentaron diferencias significativas para la digestibilidad aparente de los nutrientes evaluados y la conversión alimenticia, lo cual indica que en ensilaje biológico de residuos de pescado al ser incluido en las raciones no afecta la ingestión de los componentes alimenticios.

La digestibilidad aparente de los nutrientes evaluados en dietas que contienen ensilaje biológico de residuos de pescado fue superior al 90%, mostrando que la tilapia utiliza eficientemente los nutrientes presentes en él.

Las dietas con inclusión del 30 y 20% de ensilaje biológico de residuos de pescado presentaron un rendimiento significativamente mayor en comparación con las dietas del 10 y 0% de inclusión, lo que se debe probablemente a los altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados, que están sujetos a la oxidación, haciendo que el ensilaje sea una materia prima apta para el consumo animal.

La alimentación de tilapia con dietas alternativas que incluyan ensilaje biológico de residuos de pescado, permite una disminución entre el 14.8 a 22.4% en los costos de alimentación y una ganancia de peso mayor en el mismo tiempo al compararla con dietas comerciales.

El manejo de los residuos de la actividad piscícola en la represa La Salvajina en técnicas como el ensilado biológico, permite disminuir el impacto ambiental generado por la mala disposición de los desechos, obteniendo una materia prima de alto valor nutricional para la alimentación de los mismos peces.

6. RECOMENDACIONES

La demanda de pescado para la fabricación de alimentos balanceados es muy alta, por lo que causa un gran impacto ambiental en la captura de peces. Debido a esto se recomienda la realización de otros estudios con materias primas proteicas de nuestro medio para alimentación piscícola tendientes a disminuir los costos de producción.

Debido a los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda la realización de nuevas investigaciones con inclusión de 40 a 50 % de ensilaje biológico de residuos de pescado en dietas para alimentación de tilapia roja.

Se recomienda la realización de análisis histopatológicos para destacar si la inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado, en dietas para alimentación de Tilapia, puede o no presentar alteraciones en el tracto digestivo del pez.

Se recomienda la evaluación del ensilaje biológico de residuos de pescado en dietas para alimentación de otras especies acuícolas, y en otras fases productivas de la Tilapia roja.

Se recomienda la realización y evaluación de dietas extruidas con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de Tilapia roja.

BIBLIOGRAFÍA

BERMUDEZ *et al.*, Ensilaje de vísceras de pescado Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) como fuente de proteína para la alimentación de cerdos de engorde em uma dieta com aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*–*Elaeis oloifera*). Livestock Reserch for Rural Development, Amsterdam, v. 11, n. 2, 1999

BETANCUR *et al.*, Efecto del ensilaje de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) sobre el comportamiento productivo y el contenido de ácidos omega-3 en hígado, muslos y pechuga, de pollos de engorde. Facultad de Zootecnia, Universidad de La Salle. Bogotá, Colombia. 2005

BORRÁS J, Fernández. BLASCO J, Minués. Fisiología de la Nutrición. Universidad de Barcelona. Barcelona, España. 1995. Citado por: HETTICH MEDINA, Carlos Alberto. Evaluación de la digestibilidad de dietas en trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*): sustitución parcial de harina de pescado por tres niveles de harina de lupino blanco (*lupinus albus*). Chile. 2004

BOSCOLO *et al.*, Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.13, n.2, p.539-545, 2002

----- . La digestibilidad aparente de la energía y la harina de proteína para los residuos de fileteado de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y corvina (*Plagiosciscn squamosissimus*) y pan integral Canela Camarones (*Macrobrachium amazonicum*) para la tilapia del Nilo Occidental. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 33, n. 1, 2004

----- . Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Brasil. 2008

CALLAO, Carmen de la Legua. Alicorp S.A. Lima, Perú. [Consultado Mayo de 2010] Disponible en: <<http://www.alicorp.com.pe>>

CASTILLO, C. Luis Fernando. Tilapia Roja: Una evolución de 22 años, de la incertidumbre al éxito. 2003

CASTRO *et al.*, El valor nutritivo de algunos alimentos para las ranas. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa. 2001

DEGANI, G.; REVACH, A. Digestive capabilities of three commensal fish species: carp, *Cyprinus carpio* L., tilapia, *Oreochromis aureus* X *O. niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchel 1822). *Aquaculture Fish Management*, [S.l.], v. 22, p. 397–403, 1991

Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Brasil. 2006 [Consultado Mayo de 2010] Disponible en internet en: <<http://www.geocities.com/piscicultura/tilapia.html>>

EL-SAYED, A. F. M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia *Oreochromis* spp. *Aquaculture*, Amsterdam, v. 179, p. 149–168, 1999

ESTRADA, Juan Manuel y URUP, Bent. *Aquanoticias*. Mercado nacional de alimento para peces: Un gigante con pies firmes. 2001. 13 (62):6-15

FAGBENRO, O. A.; JAUNCEY, K. Chemical and nutritional quality of dried fermented fish silages and their nutritive value for tilapia do nilo (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology*, Amsterdam, v. 45, p. 167–176, 1994

FITZGERALD, W.J. THE RED ORANGE TILAPIA: A HYBRID THAT COULD BECOME A WORLD FAVORITE. *Fish Farming International*. 6(1):26-27. 1979

FAO. Estado mundial de la pesca y la acuicultura. ISSN 1020-5500, 2008

----- . Estado mundial de la pesca y la acuicultura. 2000 - 2008.

----- . Evaluación y aprovechamiento de la cachama cultivada, como fuente de alimento. [Consultado mayo de 2010]. Disponible en Internet en <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB494S/AB494S02.htm#ch11>

GAMBOA Simón. Dieta suplementaria para la producción de Tilapia roja en etapa de engorde. Agosto 2007. [Consultado 24 de mayo de 2009] Disponible en <<http://www.monografias.com/trabajos60/dieta-suplementaria-tilapia-roja/dieta-suplementaria-tilapia-roja2.shtml>>

GUEVARA, Wilfredo Noel. Formulación y Elaboración de Dietas para Peces y Crustáceos. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Facultad de Ingeniería Pesquera. Tacna, Perú. 2003

GUIDO, Hernán. Manual del participante. Cultivo de tilapia en estanques rústicos. [Consultado mayo de 2010] Disponible en: <http://www.sra.gob.mx/manuales/cultivo_tilapia_estanques_rusticos.pdf>

HAARD *et al.*, La estabilización de la proteína y aceite en el ensilaje de pescado para su uso como suplemento de piensos para rumiantes. Oficial de la Ciencia de Alimentos y la Agricultura. 1995

HASSAN, S Edwards. P, Little, DC Comparación de monocultivo de tilapia y la carpa de policultivo en estanques de tierra fertilizados. Oficial de la Sociedad Mundial de Acuicultura, v.28, p.268-274, 1997

HENRY-SILVA, G.G. Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2001. 56p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) - Universidade Estadual Paulista, 2001

HETTICH MEDINA, Carlos Alberto. Evaluación de la digestibilidad de dietas en Trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*): sustitución parcial de harina de pescado por tres niveles de harina de Lupino blanco (*Lupinus albus*). Universidad Católica de Temuco, Chile. 2004

HOYOS, José Luis. Valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) en la represa "La Salvajina", mediante el proceso de ensilaje, incluyéndolos en un programa de aprovechamiento de residuos sólidos para la disminución de los costos de producción. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2009

LIEN, K. F. MORFOLOGIA EXTERNA e interna de la tilapia. mundo tilapia. [Anónimo] Perú. 2010. [Consultado Mayo de 2010] Disponible en: <<http://www.mundotilapia.es.tl/MORFOLOGIA.htm>>

LESSI, L. Ensilajes de pescado en Brasil para la alimentación animal. Manaus: CPTA/INPA, 2001. Disponível em: <<http://www.fao.org/livestock/aphp134/cap3.htm>>. Acesso em: 11 ago. 2004

MAIA *et al.*, El uso de la fracción lipídica de ensilaje de residuos de tilapia para su uso en los piensos para la acuicultura. Anais Acuicultura Brasil, [S.L.], v. 2, 1998 : citado por: MORAES *et al.*, Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006

MATTOS C, Jessika. CHAUCA F, Lilia. H, Felipe San Martin. CARCELEN C, Fernando. ARBAIZA F, TERESA. Uso del ensilaje biológico de pescado en la alimentación de cuyes mejorados. Revista de Investigación Veterinaria del Perú. Perú. 2003

MIDLEN, A., REDDING, T. Environmental Management for Aquaculture. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1998. 223p.

MORAES *et al.*, Silagem ácida de resíduos da filetagem de tilápias para girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw,1802). Digestibilidade e desempenho. Universidad Federal de Larvas/UFLA. Brasil. 2005

----- . Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis Niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Zootecnia e Medicina Veterinaria. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brazil. 2006

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. [Consultado mayo de 2010] Disponible en: <http://www.agrocadenas.gov.co/inteligencia/documentos/em_tilapia_trucha>

----- . Cadenas Productivas en Pesca y Acuicultura. [Consultado mayo de 2010] Disponible en: <http://www.minagricultura.gov.co/11contacto/preg_cad_pesca.aspx>.

----- . Cadenas Productivas en Pesca y Acuicultura. [Consultado mayo de 2010] Disponible en: <http://www.minagricultura.gov.co/11contacto/preg_cad_pesca.aspx>.

MUNDNEIM, H. OPSTVEDT, J. Proc. Third Int. Synp. Feed Nutr. Fish, Topa – Japon. 1990. Citado por: SANDBOL, P. Nueva tecnología en la producción de harina de pescado. Barcelona, España. 1993

PARIN, A. P.; ZAGARRAMURDI, A. Aspectos económicos del procesamiento y uso de ensilados de pescado. Mar del Plata: CITEP, 2001. Disponible en: <<http://www.fao.org/livestock/aphp/aphp134/cap4.htm>>. Acceso em: 23 ago. 2004

PEREA, Crispulo. GARCÉS, Yeny J. Diagnóstico de la producción piscícola en las estaciones de ASOPIM, APISMO y ASPROINCA (municipios de Suárez y Morales Cauca), con énfasis en el manejo y aprovechamiento de los residuos. Proyecto: Valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) en la represa "La Salvajina", mediante el proceso de ensilaje, incluyéndolos en un programa de aprovechamiento de residuos sólidos para la disminución de los costos de producción. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Popayán, Cauca. 2008

PEREIRA, C. A. R. Silagem biológica de peixe: alternativa para o aproveitamento de resíduos de filetagem de peixes. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2002

PEZZATO, Luiz Edivaldo, CANTELMO, Osmar Angelo, BARROS, Maria Margarida. Fitasa y la digestibilidad aparente de nutrientes en las dietas para la Tilapia. Laboratorio de Bromatología de la CEPTA, Brasil. 2006

-----, *et al.*, Digestibilidade aparente de ingredientes para tilapia do Nilo *Oreochromis niloticus*. Revista Brasileira de Zootecnia. Brasil. 2002

-----, *et al.*, Digestibilidade aparente de fontes protéicas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA. 1988. Citado por: MORAES *et al.*, Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006

POPMA, T.J. y B. W. Green. Sex Reversal of Tilapia in Earthern Ponds. International Center of Aquaculture, Auburn University, Alabama, USA. 1990

RAMOS *et al.*, Ensayo sobre la alimentación de la cachama negra (*Colossoma macropomum*) con pescado en los ácidos orgánicos e inorgánicos (ensilaje de pescado). Boletín Científico INPA, [S.L.], v. 2, 1994. Citado por: MORAES *et al.*, Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brasil. 2006

RICHE, M.; BROWN, P.B. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, v.142, p.269-282, 1996. Citado por: BOSCOLO *et al.* Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Brasil. 2008

SAAVEDRA MARTÍNEZ, María Auxiliadora. Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. 2006

SALES, J. BRITZ, P. J. Rendimiento de la tilapia del Nilo alimentada con cuatro dietas basadas en ensilaje de desechos de la pesca ecológica. Acuicultura y Nutrición. 2002

SANDBOL, P. Nueva tecnología en la producción de harina de pescado. Barcelona, España. 1993

SIGNORE ARCANGELO, Augusto. BOSCOLO, Wilson Rogério; ALDI, Feiden. ALTEVIR, Signor. ADILSON, Reide. Midlings trigo en la alimentación de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.): digestibilidad y el rendimiento. Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste). Brasil. 2008

SUGIURA *et al.*, Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research, v.31, p.585-593, 2000

----- . ----- . Aquaculture Research, v.31, p.585-593, 2000. Citado por: BOSCOLO *et al.*, Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE). Brasil. 2008

SULLIVAN, J.A.; REIGH, R.A. Apparent digestibility of selected feedstuff in diets for hybrid striped bass (*Morene saxatilis* x *Morena chrysops*). Aquaculture, v.138, p.313-322, 1995. Idem

TAVARES, Sipaúba. L.H, ROCHA, O. La producción de plancton (fitoplancton y zooplancton) se alimentan de organismos acuáticos. San Carlos, Rima. 2003. 106p.

TEISERSKIS R, Federico. Guía de enfermedades. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias veterinarias. Chile. 2005. [Consultado , mayo de 2010] Disponible en:<[http:// www.drpez.com/diccionario](http://www.drpez.com/diccionario)>

TOLEDO, José. Preparación de los ensilados de tilapia. Mundo tilapia. Cuba. 2010

----- . y J. Llanes. Manual práctico para nutrición y alimentación de peces. Documento manuscrito. Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Habana. Cuba. 2002

Vice Ministerio de Pesquería, Dirección Nacional de Acuicultura. Ministerio de la Producción. Cultivo de Tilapia. Lima, Perú. 2004

VIDOTTI, Rose Meire. MACEDO VIEGAS, Elisabete Maria. CARNEIRO, Dalton José. Aminoacid composition of processed fish silage using different raw materials. *Science Direct*. 2003. *Animal Feed Science and Tecnology*. 2004

WEBSTER, C.D. y C Lim. introduction to fish nutrition. Nutrient requerements and feeding of finfish for aquaculture. 2002.

ZAMORANO, Daniel E. Meyer. Nutrición y alimentación de la tilapia. Honduras. 2005

ANEXOS

Anexo A. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T0

DÍA	T0		
	R1	R2	R3
1	0,19	0,98	0,59
2	0,33	0,60	0,50
3	0,43	0,73	0,59
4	0,27	0,57	0,80
5	0,32	0,37	0,78
6	0,47	0,86	0,72
7	0,49	0,89	1,09
8	0,50	0,92	1,90
9	0,31	1,01	2,47
10	0,15	0,92	1,84
11	0,20	0,75	1,55
12	0,37	0,80	2,01
13	0,14	1,18	1,61
14	0,14	1,01	1,38
15	0,43	0,92	1,15
16	0,80	0,46	1,38
17	0,63	0,43	0,75
18	0,37	0,98	0,75
19	0,37	0,55	1,61
20	0,00	0,26	1,21
21	0,11	0,26	1,67
22	0,26	0,49	1,90
23	0,09	0,34	1,21
24	0,37	0,46	1,55
25	0,23	0,34	0,92
26	1,06	0,34	0,34
27	0,69	0,29	0,06
28	0,43	0,46	0,17
29	0,40	0,52	0,00
30	0,86	0,69	0,00
31	0,72	0,69	0,00
32	0,60	1,21	0,00
33	0,69	0,69	0,06
34	0,60	0,52	0,06
35	0,57	0,92	0,11
36	0,60	0,40	0,00
37	0,78	0,75	0,00
38	0,52	0,00	0,00
39	0,78	0,57	0,00
40	0,86	0,57	0,00
41	1,61	0,46	0,00

Fuente: Los autores. 2010

Anexo B. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T1

DÍA	T1		
	R1	R2	R3
1	0,28	1,06	0,56
2	0,16	0,22	0,33
3	0,18	0,37	0,19
4	0,21	0,40	0,28
5	0,15	0,36	0,19
6	0,12	0,43	0,27
7	0,49	0,54	0,37
8	0,45	0,49	0,31
9	0,40	0,52	0,36
10	0,39	0,59	0,34
11	0,43	0,75	0,30
12	0,49	0,55	0,39
13	0,31	0,36	0,36
14	0,56	0,46	0,30
15	0,48	0,40	0,37
16	0,61	0,54	0,27
17	0,74	0,44	0,21
18	0,58	0,04	0,22
19	0,59	0,22	0,24
20	0,52	0,24	0,31
21	0,58	0,30	0,33
22	1,04	0,51	0,43
23	0,43	0,24	0,33
24	0,70	0,68	0,45
25	0,45	0,21	0,33
26	0,67	0,39	0,39
27	0,65	0,33	0,52
28	0,65	0,48	0,34
29	0,57	0,48	0,21
30	0,67	0,65	0,24
31	0,57	0,51	0,24
32	0,75	0,51	0,48
33	0,73	0,54	0,30
34	0,59	0,51	0,42
35	0,69	0,42	0,36
36	0,65	0,51	0,62
37	0,83	0,27	0,42
38	0,77	0,27	0,39
39	0,59	0,36	0,86
40	0,46	0,39	0,98
41	1,11	0,56	1,04

Fuente: Los autores. 2010

Anexo C. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T2

DÍA	T2		
	R1	R2	R3
1	0,95	0,88	0,63
2	0,73	0,58	0,37
3	0,67	0,57	0,34
4	0,94	0,97	0,37
5	0,73	0,86	0,24
6	0,79	1,09	0,43
7	1,37	0,77	0,60
8	1,18	1,19	0,55
9	0,76	0,74	0,60
10	0,92	0,61	0,72
11	1,06	1,43	0,57
12	1,19	1,61	0,76
13	1,28	1,52	0,93
14	1,07	1,50	0,72
15	1,39	1,25	1,03
16	0,82	1,65	1,03
17	1,25	1,25	1,19
18	0,83	1,67	2,18
19	1,01	2,18	0,77
20	0,98	1,58	1,07
21	0,95	1,30	0,85
22	1,55	1,97	1,01
23	1,24	0,92	0,68
24	1,25	1,42	0,85
25	1,00	1,49	0,85
26	0,91	1,61	0,72
27	0,92	1,37	0,64
28	0,70	0,98	0,93
29	0,76	1,06	0,56
30	0,79	1,07	0,83
31	0,74	1,61	0,48
32	0,70	0,58	0,42
33	1,15	1,10	1,07
34	0,91	0,61	1,04
35	0,79	1,24	0,51
36	0,89	1,30	0,36
37	0,61	1,00	0,30
38	0,63	1,39	0,24
39	1,22	1,68	0,00
40	1,09	2,43	0,00
41	1,19	1,15	0,00

Fuente: Los autores. 2010

Anexo D. Registro de alimentación por tratamiento (g de concentrado consumido pez/día). T3

DÍA	T3		
	R1	R2	R3
1	0,61	0,68	1,47
2	0,57	0,65	1,09
3	0,46	0,54	0,80
4	0,39	0,48	0,68
5	0,17	0,51	1,00
6	0,36	0,81	1,15
7	0,39	0,99	0,94
8	0,26	0,89	1,29
9	0,41	0,35	1,12
10	0,76	0,51	1,02
11	0,99	0,77	1,31
12	1,16	0,38	1,10
13	0,44	0,52	1,26
14	0,41	0,45	1,45
15	0,70	0,76	1,69
16	1,37	0,89	1,83
17	0,26	0,46	1,99
18	0,52	0,60	1,66
19	0,44	0,54	1,89
20	0,52	0,49	1,74
21	0,93	0,65	1,86
22	0,87	1,06	2,70
23	1,22	0,48	1,47
24	0,46	1,28	1,55
25	0,00	0,17	1,80
26	0,00	0,46	2,29
27	0,06	0,64	2,91
28	0,00	0,73	1,92
29	0,00	0,49	1,37
30	0,00	0,54	3,72
31	0,00	0,80	1,86
32	0,00	0,48	3,08
33	0,00	0,70	2,38
34	0,00	0,22	2,03
35	0,00	0,60	3,08
36	0,00	0,49	1,74
37	0,00	0,55	1,80
38	0,00	0,45	1,10
39	0,00	0,54	2,38
40	0,00	0,55	0,99
41	0,00	0,45	2,73

Fuente: Los autores. 2010

Anexo E. Heces recolectadas por cada tratamiento y por repetición (g)

Tratamiento	Repeticiones			Total por tratamiento
	R1	R2	R3	
T0	80,2381	80,3636	78,1068	238,7085
T1	106,2118	56,843	80,9083	243,9631
T2	103,6232	145,2898	97,4198	346,3328
T3	62,0763	128,6893	142,1214	332,8870

Fuente: Los autores. 2010

Anexo F. Protocolo para la medición de oxígeno disuelto (OD), (Test: 0 – 82)

1. Abrir un tubo de ensayo y lavarlo con el agua que se va a analizar (purgarlo)
2. Llenarlo suavemente sin que se produzcan burbujas (inclinándolo), llenando hasta el borde del mismo.
3. Adicionar 2 gotas de R1 seguido de 2 gotas de R2.
4. Luego se tapa y se agita.
5. Después de agitar se espera 2 minutos para que se fije la muestra.
6. Adicionar 5 gotas de R3 (se observa un color naranja y se forman unos flóculos que se precipitan).
7. Se agita hasta que se desaparezca el precipitado.
8. El tubo de ensayo se seca por fuera con una toalla.
9. Por último se mide y anota el resultado.

**Anexo G. Protocolo para la medición de demanda química de oxígeno (DQO),
Met: 26 (Test: 0 – 26)**

1. Abrir el tubo de ensayo
2. Medir en una pipeta 2 ml de muestra y verterlos suavemente en el tubo de ensayo.
3. Se tapa, se marca y se guarda hasta llegar al laboratorio.
4. Una vez en el laboratorio se incuba por 2 horas a una temperatura de 148 °C.
5. Se retira el tubo y se deja reposar por 10 minutos.
6. Luego se agita y se deja enfriar a temperatura ambiente para realizar la medición.
7. Se realiza la medición y se toma el dato.

**Anexo H. Protocolo para la medición de alcalinidad de carbonatos (CaCO_3),
Met: 151 (Test: 0 – 15)**

1. Abrir el tubo de ensayo
2. Medir en una pipeta 4 ml de muestra y verterlos suavemente en el tubo de ensayo.
3. Cerrar el tubo de ensayo y agitar.
4. Posteriormente se adiciona una pastilla de R2.
5. Agitar hasta diluir, secar y limpiar el tubo de ensayo.
6. Dejar fijar durante 2 minutos la muestra
7. Realizar la medición y tomar el resultado.

Anexo I. Protocolo para la medición de pH, Met: 72 (Test: 72)

1. Se llenan dos tubos de ensayo con 10 ml de agua, se toma uno como blanco y el otro como muestra.
2. Agregar una pastilla de R1 a la muestra.
3. Agitar hasta que se disuelva.
4. Se seca y se espera 3 minutos.
5. Se realiza la medición y se toman los datos.

Anexo J. Protocolo para la medición de demanda biológica de oxígeno (DBO₅), Met: 822

1. Se toman 500 ml de muestra de la represa procurando que no se generen burbujas.
2. Se verifica que el pH este entre 6 – 8.
3. Refrigerar la muestra entre 0 – 4 °C
4. Dejar la muestra hasta que se coloque a temperatura ambiente.
5. Llenar el tubo de ensayo sin que se formen burbujas y se llena un blanco.
6. Se incuba la muestra a 20°C más o menos 1°C por 5 días.
7. Después de los 5 días se añaden 2 gotas de R1 y 2 gotas de R2.
8. Tapar el tubo sin que se generen burbujas de aire y se mezcla el contenido.
9. Dejar reposar por dos minutos la muestra y se le adicionan 5 gotas de R3.
10. Luego se limpia, se seca, se realiza la medición y se toma el dato.

NOTA: Si la muestra de agua presenta mucho precipitado y algas, se debe filtrar para homogeneizar la muestra.

Anexo K. Resultado análisis proximal de las dietas evaluadas

PARAMETRO	Unidad de medida	T0		T1		T2		T3		
		B.P.S	B.S	B.P.S	B.S	B.P.S	B.S	B.P.S	B.S	
Humedad	g/100g	9,13		10,54		10,31		10,09		
Materia seca	g/100g	90,87		89,46		89,69		89,91		
Ceniza	g/100g	7,45	8,19	7,70	8,61	8,05	8,97	8,80	9,79	
Extracto etéreo	g/100g	1,93	2,12	2,64	2,95	3,31	3,69	4,71	5,24	
Fibra cruda	g/100g	13,74	15,12	13,57	15,17	11,29	12,59	11,76	13,08	
Proteína	g/100g	22,62	24,89	21,27	23,78	20,98	23,39	20,48	22,78	
Extracto no nitrogenado	g/100g	45,13	49,67	44,28	49,49	46,06	51,36	44,16	49,12	
Energía bruta	Kcal/100g	382	420	378	423	375	418	390	434	
Calcio	g/100g	0,66	0,72	0,86	0,96	0,87	0,97	0,93	1,04	
Fósforo	g/100g	0,42	0,46	0,40	0,45	0,43	0,48	0,47	0,52	
Óxido Crómico	g/100g	1,00	1,10	1,07	1,20	1,14	1,28	1,24	1,38	
Observaciones:	B.P.S= Base Parcialmente Seca				B.S= Base Seca					

Fuente: Resultados entregados por laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010

Anexo L. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T0

PARAMETRO	Unidad de medida	REPETICIÓN						
		R1		R2		R3		
		B.H	B.S	B.H	B.S	B.H	B.S	
Humedad	g/100g	90,97		89,24		89,82		
Materia seca	g/100g	9,03		10,76		10,18		
Ceniza	g/100g	3,31	36,70	3,11	28,89	3,52	34,53	
Extracto etéreo	g/100g	0,18	2,03	0,27	2,53	0,23	2,22	
Fibra cruda	g/100g	2,72	30,14	2,88	26,74	2,92	28,64	
Proteína	g/100g	1,74	19,30	1,85	17,17	1,59	15,62	
Extracto no nitrogenado	g/100g	1,07	11,83	2,65	24,66	1,93	18,99	
Energía bruta	Kcal/100g	25	274,00	35,00	322,00	29,00	283,00	
Calcio	g/100g	0,06	0,64	0,11	1,05	0,04	0,35	
Fósforo	g/100g	0,08	0,94	0,10	0,97	0,08	0,76	
Óxido Crómico	g/100g	0,26	2,83	0,39	3,65	0,36	3,53	
Observaciones:	B.H= Base Húmeda		B.S= Base Seca					

Fuente: Resultados entregados por laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010

Anexo M. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T1

PARAMETRO	Unidad de medida	REPETICIÓN						
		R1		R2		R3		
		B.H	B.S	B.H	B.S	B.H	B.S	
Humedad	g/100g	89,04		89,98		89,72		
Materia seca	g/100g	10,96		10,02		10,28		
Ceniza	g/100g	3,49	31,86	3,84	38,36	3,87	37,66	
Extracto etéreo	g/100g	0,19	1,77	0,13	1,32	0,19	1,89	
Fibra cruda	g/100g	3,39	30,96	3,99	39,82	4,10	39,91	
Proteína	g/100g	1,90	17,35	1,37	13,64	1,80	17,53	
Extracto no nitrogenado	g/100g	1,98	18,06	0,69	6,86	0,31	3,02	
Energía bruta	Kcal/100g	34,00	313,00	30,00	301,00	28,00	269,00	
Calcio	g/100g	0,06	0,55	0,03	0,30	0,05	0,51	
Fósforo	g/100g	0,09	0,84	0,07	0,69	0,09	0,88	
Óxido Crómico	g/100g	0,49	4,50	0,37	3,71	0,33	3,25	
Observaciones:	B.H= Base Húmeda		B.S= Base Seca					

Fuente: Resultados entregados por laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010

Anexo N. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T2

PARAMETRO	Unidad de medida	REPETICIÓN					
		R1		R2		R3	
		B.H	B.S	B.H	B.S	B.H	B.S
Humedad	g/100g	89,80		89,31		89,85	
Materia seca	g/100g	10,20		10,69		10,15	
Ceniza	g/100g	3,19	31,24	3,39	31,68	3,46	34,14
Extracto etéreo	g/100g	0,19	1,87	0,19	1,81	0,21	2,06
Fibra cruda	g/100g	3,53	34,65	3,61	33,77	3,81	37,55
Proteína	g/100g	1,46	14,33	1,59	14,86	1,97	19,45
Extracto no nitrogenado	g/100g	1,83	17,91	1,91	17,88	0,69	6,80
Energía bruta	Kcal/100g	31,00	301,00	33,00	312,00	30,00	291,00
Calcio	g/100g	0,08	0,74	0,10	0,91	0,08	0,75
Fósforo	g/100g	0,07	0,65	0,07	0,66	0,09	0,91
Óxido Crómico	g/100g	0,50	4,91	0,64	6,01	0,45	4,44
Observaciones:	B.H= Base Húmeda		B.S= Base Seca				

Fuente: Resultados entregados por laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010

Anexo Ñ. Resultado análisis proximal muestras de heces tratamiento T3

PARAMETRO	Unidad de medida	REPETICIÓN						
		R1		R2		R3		
		B.H	B.S	B.H	B.S	B.H	B.S	
Humedad	g/100g	89,23		89,73		89,50		
Materia seca	g/100g	10,77		10,27		10,50		
Ceniza	g/100g	4,06	37,68	3,76	36,59	3,14	29,96	
Extracto etéreo	g/100g	0,26	2,44	0,17	1,65	0,24	2,31	
Fibra cruda	g/100g	3,97	36,89	3,36	32,66	2,89	27,55	
Proteína	g/100g	1,94	17,96	1,38	13,40	1,71	16,33	
Extracto no nitrogenado	g/100g	0,54	5,03	1,61	15,70	2,50	23,86	
Energía bruta	Kcal/100g	30,00	279,00	28,00	275,00	34,00	326	
Calcio	g/100g	0,09	0,86	0,14	1,41	0,12	1,18	
Fósforo	g/100g	0,09	0,83	0,07	0,69	0,08	0,80	
Óxido Crómico	g/100g	0,50	4,68	0,63	6,15	0,62	5,92	
Observaciones:	B.H= Base Húmeda		B.S= Base Seca					

Fuente: Resultados entregados por laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010