

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



**CINDY JOHANNA VIVAS GUALTEROS
NELSY FERNANDA FLOR CAMPO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011**

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

**CINDY JOHANNA VIVAS GUALTEROS
NELSY FERNANDA FLOR CAMPO**

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar al título de
Ingenieras Agropecuarias**

**Director
Esp. JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2011**

AGRADECIMIENTOS

Antes que todo, dar gracias a Dios por estar con nosotras en cada paso que damos, por fortalecer nuestro corazón e iluminar nuestra mente, porque ha sido, es y será nuestro guía.

A nuestro Director de Tesis, José Luis Hoyos Concha por su dedicación y apoyo brindado a esta investigación; por su generosidad al ofrecernos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia en un marco de respeto, afecto y amistad; fundamentales para la realización de este trabajo. Gracias por la confianza depositada en nosotras.

Un sincero agradecimiento a nuestro compañero Crispulo Perea Román, por su paciencia, disponibilidad y generosidad para compartir su experiencia y amplio conocimiento del tema estudiado en esta investigación. Gracias por el apoyo constante y sobre todo por esa gran amistad que se forjó, por escucharnos y aconsejarnos siempre.

A la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agropecuarias y sus docentes por el tiempo, espacio y comprensión para prepararnos como profesionales y poder llevar a cabo este trabajo.

Finalmente a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, nuestro más sincero agradecimiento.

DEDICATORIA

A Dios, quien ha permitido que la sabiduría dirija y guíe nuestros pasos, quien nos dio la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A nuestros padres quienes han sabido formarnos con buenos sentimientos, hábitos y valores, especialmente por sus sabios consejos y por estar en los momentos difíciles. Este triunfo es de ustedes, ¡Los amamos!

A nuestros hermanos y familiares por su fraternidad y apoyo.

Y a todas las personas que a lo largo de nuestras vidas nos han dado la formación como seres humanos y profesionales.

CINDY JOHANNA VIVAS GUALTEROS

NELSY FERNANDA FLOR CAMPO

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los Jurados han leído el presente documento, escucharon la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

Esp. JOSÉ LUIS HOYOS
Director

Esp. GUILLERMO A. SOTELO
Presidente del Jurado

Mg. JULIANA CARVAJAL
Jurado

Popayán. 04 de Marzo de 2011

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS	19
1.1 OBJETIVO GENERAL	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA TILAPIA	20
2.2 TAXONOMÍA DE LA TILAPIA	20
2.3 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA INTERNA	21
2.3.1 El sistema digestivo	22
2.3.2 El sistema circulatorio	22
2.3.3 El sistema excretor	22
2.3.4 El aparato reproductor	22
2.4 CARACTERÍSTICAS IDEALES PARA EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA	23
2.4.1 Oxígeno disuelto	23
2.4.2 Temperatura	23
2.4.3 Alcalinidad de carbonatos	23
2.4.4 Potencial hidrogeno (pH)	24
2.4.5 Amonio	24
2.4.6 Nitritos	24

	pág.
2.4.7 Dióxido de carbono (CO ₂)	25
2.4.8 Gases tóxicos	25
2.4.9 Sólidos en suspensión y turbidez	25
2.5 PRODUCCIÓN DE TILAPIA A NIVEL NACIONAL Y EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA	25
2.6 ALIMENTACIÓN	27
2.6.1 Hábitos alimenticios de la tilapia	29
2.7 DIGESTIBILIDAD	30
2.8 ENSILADO BIOLÓGICO DE PESCADO	31
2.9 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS	32
2.9.1 Utilización de ensilados de pescado en la alimentación de peces	32
2.9.2 Estudios de digestibilidad	34
2.9.3 Recolección de heces	35
3. METODOLOGÍA	36
3.1 LOCALIZACIÓN	36
3.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS PARA LA EVALUACIÓN	36
3.2.1 Acondicionamiento de las instalaciones	36
3.2.2 Equipos utilizados para el sistema de cultivo	37
3.2.2.1 Jaulas metabólicas	37
3.2.2.2 Termostatos	37
3.2.2.3 Bombas aireadoras	38

	pág.
3.2.2.4 Preparación de equipos	39
3.3 MATERIAL BIOLÓGICO	39
3.3.1 Selección y manejo de los animales	39
3.3.2 Recepción de los animales	40
3.3.3 Tratamiento profiláctico	40
3.4 CAMBIO Y RECAMBIO DE AGUA	41
3.5 ACOSTUMBRAMIENTO DE LOS ANIMALES	43
3.6 FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS	44
3.7 ALIMENTACIÓN	47
3.8 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE HECES	47
3.9 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA	48
3.10 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE EVALUACIÓN (PESO, TALLA Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA)	49
3.11 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS ESTUDIADAS Y DE LAS HECES RECOLECTADAS	50
3.12 DISEÑO EXPERIMENTAL	51
3.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	52
4.1 ESTANDARIZACIÓN DE LAS DIETAS	52
4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS	53
4.2.1 Ganancia de peso	53
4.2.2 Ganancia de talla	54

	pág.
4.2.3 Conversión alimenticia	56
4.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PARA DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE TOTAL Y DE LOS NUTRIENTES	57
4.3.1 Digestibilidad aparente total (DAT)	57
4.3.2 Digestibilidad aparente de los nutrientes	59
4.3.2.1 Digestibilidad aparente de Materia seca (DAMS)	59
4.3.2.2 Digestibilidad aparente de Ceniza (DACE)	60
4.3.2.3 Digestibilidad aparente de Extracto etéreo (DAEE)	62
4.3.2.4 Digestibilidad aparente de Fibra cruda (DAFC)	64
4.3.2.5 Digestibilidad aparente de Proteína cruda (DAPC)	65
4.3.2.6 Digestibilidad aparente de Energía bruta (DAEB)	66
4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO	68
5. CONCLUSIONES	71
6. RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	81

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de tilapia roja en la fase de engorde	28
Cuadro 2. Análisis proximal de vísceras de Tilapia roja obtenidas de la actividad piscícola en La Salvajina, en base seca (g/100g)	44
Cuadro 3. Peso promedio y desviación estándar de los pellets para cada tratamiento	46
Cuadro 4. Resultado análisis fisicoquímico de agua	49
Cuadro 5. Composición nutricional de las dietas experimentales en base seca para Tilapia roja en la fase de engorde	52
Cuadro 6. Composición proximal de las dietas experimentales en base seca para Tilapia roja en la fase de engorde	52
Cuadro 7. Datos ANAVA para ganancia de peso	53
Cuadro 8. Datos ANAVA para ganancia de talla	54
Cuadro 9. Datos ANAVA para Conversión alimenticia	56
Cuadro 10. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente total	58
Cuadro 11. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Materia seca	59
Cuadro 12. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Ceniza	60
Cuadro 13. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Extracto etéreo	62
Cuadro 14. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Fibra cruda	64
Cuadro 15. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Proteína cruda	65
Cuadro 16. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Energía bruta	66
Cuadro 17. Valor del concentrado elaborado por Kilogramo y por bulto para cada una de las dietas evaluadas	68

	pág.
Cuadro 18. Costos para producir 1 tonelada de carne por tratamientos evaluados	69
Cuadro 19. Conversión Alimenticia de los tratamientos evaluados	69

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Morfología interna de la Tilapia	21
Figura 2. Instalaciones para el ensayo	36
Figura 3. Diseño de las jaulas metabólicas	37
Figura 4. Instalación de los termostatos en las jaulas	38
Figura 5. Sistema de aireación	38
Figura 6. Proceso de transporte de los peces	40
Figura 7. Tratamiento Profiláctico	41
Figura 8. Recambio de agua	42
Figura 9. Cambio de agua	43
Figura 10. Proceso de elaboración de las dietas	46
Figura 11. Alimentación de los peces	47
Figura 12. Recolección de heces	48
Figura 13. Procedimiento de medición de talla y peso	50
Figura 14. Representación de la biomasa total ganada por tratamiento	53
Figura 15. Representación de la ganancia promedio de talla	54
Figura 16. Conversión alimenticia obtenida por jaula	56
Figura 17. Representación valores medios obtenidos para DAT	58
Figura 18. Representación valores medios obtenidos para DAMS	60
Figura 19. Representación valores medios obtenidos para DACE	61
Figura 20. Representación valores medios obtenidos para DAEE	62

	pág.
Figura 21. Representación valores medios obtenidos para DAFC	64
Figura 22. Representación valores medios obtenidos para DAPC	65
Figura 23. Representación valores medios obtenidos para DAEB	67

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Consumo total de concentrado por tratamiento y repetición en g	81
Anexo B. Recolección total de heces por tratamiento y repetición en g	82
Anexo C. Composición proximal de las heces tratamiento T0	83
Anexo D. Composición proximal de las heces tratamiento T1	84
Anexo E. Composición proximal de las heces tratamiento T2	85

GLOSARIO

ENSILAJE DE VÍSCERAS DE PESCADO: consiste en estabilizar las vísceras de pescado, mediante la adición de una mezcla de carbono e inóculo, para obtener una fermentación anaerobia y de esta manera un producto con alto valor nutritivo y microbiológicamente estable.

DIGESTIÓN: es la transformación de los alimentos en el intestino a través de procesos mecánicos, químicos y enzimáticos en sus partes constituyentes, volviéndolas solubles y disponibles para su absorción.

DIGESTIBILIDAD: es una medida de la capacidad biológica de un nutriente o energía de un alimento o ingrediente (Stickney, 2000).

DIGESTIBILIDAD APARENTE: se define como todo lo que aparece en las heces, es decir el alimento no digerido.

OXIDO CRÓMICO (Cr_2O_3): compuesto químico usado como marcador inerte indigerible empleado en los estudios de digestibilidad que no afecta los procesos de digestión y aprovechamiento de los nutrientes.

PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS: es una forma de medir los parámetros productivos del pez como peso, talla y conversión alimenticia.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) para etapa de engorde, con dos niveles de inclusión, T1 (90% Dieta de referencia más 10 % de inclusión de ensilaje biológico), T2 (80% Dieta de referencia más 20 % de inclusión de ensilaje biológico) y T0 como dieta de referencia. Las variables evaluadas fueron peso, talla, conversión alimenticia y la digestibilidad aparente total (DAT) y de cada uno de los nutrientes (Materia seca, Ceniza, Extracto etéreo, Fibra cruda, Proteína y Energía bruta) por la metodología de Guelp, con óxido crómico (Cr_2O_3) como marcador inerte. Para la evaluación se seleccionaron 36 peces de Tilapia roja (*Oreochromis* spp), con peso promedio de 100 gr distribuidos al azar en jaulas metabólicas de 48 Litros, divididos en grupos de 4 peces/jaula. La alimentación fue ad libitum y las heces se recolectaron por un periodo de 42 días a través de un sistema de llaves. Las variables de rendimiento (peso y talla) se evaluaron cada 14 días, y la conversión alimenticia al final del ensayo.

El diseño utilizado fue completamente al azar con tres tratamientos y tres repeticiones, aplicando una prueba de promedios por el método de Tukey para determinar diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$), destacando cuál de la dietas evaluadas fue mejor que las demás.

Los resultados obtenidos para ganancia de peso y conversión alimenticia, mostraron que se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, siendo mejor la dieta T2, mientras que para la variable ganancia de talla no se presentaron diferencias significativas. Respecto a DAT y Materia seca, Ceniza, Fibra cruda, Proteína y Energía bruta los resultados reportaron que no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$); pero sí para Digestibilidad aparente del Extracto etéreo, siendo mejor T0. Con estos resultados se llegó a la conclusión que la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado para alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp), no afecta el comportamiento productivo de los animales, ni la digestibilidad aparente total y de los nutrientes.

Palabras claves: Ensilaje biológico de vísceras de pescado, digestibilidad aparente, Tilapia roja, conversión alimenticia y DAT.

INTRODUCCIÓN

La piscicultura como actividad productiva y comercializadora, ha ido tomando fuerza en Colombia, donde pasó de ser una actividad totalmente desconocida y de alta incertidumbre, de la que se conocía una muy limitada información, a ser una alternativa productiva altamente rentable, generadora de ingresos, con la aplicación de algunos paquetes tecnológicos; un ejemplo es el departamento del Cauca que por su ubicación geográfica cuenta con diversas condiciones ambientales como agua, suelo y clima para la producción de Tilapia; pero se ha visto afectada muchas veces por el tipo de materias primas que se necesitan para elaborar los concentrados y que suplan las necesidades nutricionales de los animales¹.

Uno de los ingredientes más empleados en la elaboración de alimento para peces es la harina de pescado, por su alta calidad y contenido proteico, pero su transformación es un proceso sumamente costoso y las especies que se utilizan en su fabricación se encuentran sobreexplotadas, lo que ha conllevado a la búsqueda de alternativas menos costosas. Sin embargo, los intentos para reemplazar este ingrediente han sido variables y tienden a reducir el crecimiento y la eficiencia alimentaria²; por ello se hace necesario realizar estudios detallados del comportamiento de los animales frente al suplemento de dietas con nuevas fuentes de proteína, que además proporcionen la energía necesaria para mantener sus procesos fisiológicos.

Una alternativa como fuente proteica de muy buena calidad y a bajo costo es el empleo de vísceras de pescado, debido a que solamente el 40% del pez es aprovechado y el otro 60% es desperdicio³ que incluye piel, cabeza, aletas, branquias y vísceras, muchas veces incorporados a las fuentes de agua o dispuestos en vertederos sin ningún tipo de tratamiento, generando contaminación.

¹CAMPO CASTILLO, Fernando. La importancia de la Tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle. Cali, Valle (Colombia). [Consultado 22 de Diciembre 2009]. Disponible en: <<http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/tilapiacolombia.pdf>>

²TACON, Albert G.J. y JACKSON, A.J. Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical fish. C.B. Coway; A. M. Mackie; Bell, J.G. (eds.): Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London. 119-145, 1985

³RAA, Jan and GILDBERG, A. Fish silage: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. CRC. 16 (4): 383, 1982

Estos residuos pueden ser suministrados a través de procesos como el ensilaje; el cual puede disminuir la sustitución de ingredientes como harina y aceite de pescado.

A la hora de valorar el potencial de una materia prima o de una dieta formulada, se hace necesario medir su digestibilidad, esto es la cuantificación del proceso global de la digestión y la absorción de un nutriente específico. Su medición consiste básicamente en cuantificar qué cantidad del nutriente o dieta en particular es digerida y absorbida por el pez; y cuánto de la misma es eliminada a través de las heces, para determinar los niveles de inclusión adecuados para las distintas fases de la vida de la especie estudiada⁴.

Respecto a lo anterior, se realizó una investigación encaminada a evaluar la inclusión de ensilaje de vísceras de pescado en alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp), con el fin de determinar los niveles adecuados de inclusión como alternativas alimenticias, contribuyendo en la disminución de los costos de producción y al impacto ambiental en la represa La Salvajina, municipios de Suárez y Morales, Departamento del Cauca.

⁴BOSCOLO, Wilson Rogério.; HAYASHI, Carmino.; MEURER, Fabio. Farinha de varredura de Mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.545-551, 2002

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) en etapa de engorde.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar parámetros zootécnicos de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) con dos niveles de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado.

Determinar la digestibilidad aparente del ensilaje biológico de vísceras de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*).

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA TILAPIA

La Tilapia roja es originaria de África, y es dentro de las especies sometidas a cultivo, la que más variaciones genéticas ha soportado. Entre los principales híbridos producto del cruce de dos especies se tiene: *Oreochromys hornorum* (macho) x *Oreochromys niloticus* (hembra), *Oreochromys hornorum* (macho) x *Oreochromys mossambicus* (hembra)⁵. Lo anterior ha permitido la obtención de un pez cuya coloración puede ir desde el rojo cereza hasta el albino, pudiéndose presentar manchas negras. Los mecanismos de herencia del color en Tilapia difieren entre especies⁶, pero la obtención del color rojo es importante para el mercado nacional, además de una carne de óptima calidad y ausencia de espinas en forma de "Y", lo que la hace apropiada para la industria fileteadora⁷.

La Tilapia roja se destaca por una serie de características que la convierten en una especie con un elevado potencial adaptativo⁸. La alta eficiencia reproductiva reflejada por la atención de los nidos, el cuidado parental de los huevos y alevines, la reproducción precoz, la tolerancia a variaciones de temperaturas, salinidad y contenido de oxígeno disuelto en el agua, además la amplitud de alternativas de selección de alimentos tanto naturales como artificiales (derivados de subproductos agrícolas), adaptabilidad ecológica, y capacidad de hibridación; le confieren el potencial para competir exitosamente con otras especies⁹, y ser preferida por la producción piscícola semi-comercial y comercial, además de ser demandada por el consumidor por sus propiedades y alto valor nutricional.

2.2 TAXONOMÍA DE LA TILAPIA

La Tilapia es un pez exótico, relativamente nuevo en Colombia, pertenece a la familia de los cíclidos y está representada por cerca de 100 especies pertenecientes a seis géneros diferentes, La Tilapia roja es el producto del cruce

⁵TOLEDO PÉREZ, Sergio José, Jefe del Laboratorio de Organismos Acuático. Centro de Preparación Acuícola Mamposton. Ministerio de la Industria Pesquera. La Habana. Cuba. 2005

⁶WOHLFARTH, Giora.W.; ROTHBARD, S.; HULATA, Gideon.; SZWEIGMAN, D. Inheritance of red body coloration in Taiwanese Tilapias and in *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*. 84 : 219-234, 1990

⁷BOSCOLO, Wilson Rogério. Desempenho de machos revertidos de Tilapia do Nilo (*O. niloticus*, L.) linha Gens tailandesa e Común, nas fases inicial e de crescimento, v1, p. 84-91. *In: Acuicultura en Armonía con el Ambiente*.1999

⁸BAROILLER, Jean y JALABERT, Bernard. Contribution of research in reproductive physiology of the culture of Tilapia. *Aquat. Living Res.*, 2: 105-116, 1989

⁹PÉREZ, Julio.; GRAZIANI, César y NIRCHIO, Mauro. Hasta cuando los exóticos. *Act. Cient. Ven.*, 48(3): 127-129, 1997

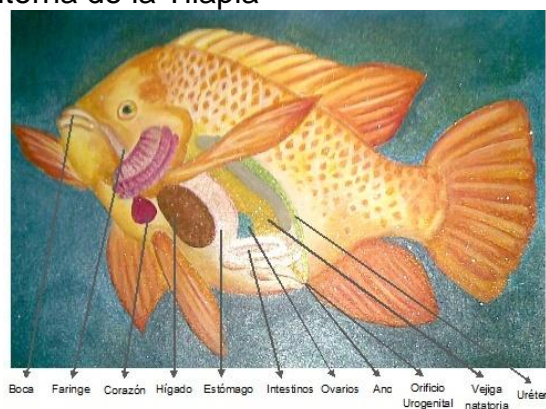
de cuatro especies, tres de ellas de origen Africano y una Israelita¹⁰. Su clasificación taxonómica se define de la siguiente manera:

Phyllum:	Vertebrata
Sub Phylum:	Craneata
Super clase:	Gnostomata
Serie:	Piscis
Clase:	Teleostomi
Sub clase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Sub orden:	Percoidei
Familia:	Cichlidae
Género:	Oreochromis
Especie:	Oreochromis spp

2.3 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA INTERNA

La Tilapia posee una gran habilidad para colonizar lagos y otros cuerpos de agua, aún en presencia de depredadores y de una fuerte competencia. Esta adaptación evolutiva puede ser atribuida a una característica morfológica de máxima versatilidad: el complejo mandibular faríngeo, que es una especialización altamente integrada es inherente a los Cíclidos, y no sólo sirve para la deglución y preparación del alimento, sino que además se han involucrado numerosas especializaciones hacia la colecta de diferentes tipos de alimentos¹¹.

Figura 1. Morfología interna de la Tilapia



¹⁰DECTHEROC'S BLOG. Peces (Taxonomía Especies Ícticas). [Consultado 5 de Julio 2010]. Disponible en internet en: <http://dectheroc.wordpress.com/peces-especies-icticas>

¹¹DELGADO POOT, Carlos Antonio; SALAZAR NOVELO, Rafael; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, Mizar F. ABC, En el cultivo de la Tilapia. 2009. [Consultado 15 de Julio 2010]. Disponible en: <<http://www.scribd.com/doc/20458321/ABC-en-El-Cultivo-Integral-de-La-Tilapia>>

2.3.1 El sistema digestivo. Inicia en la boca, que presenta en su interior dientes mandibulares que pueden ser unicúspides, bicúspides y tricúspides según las diferentes especies; continúa el esófago distinguiéndose dos tipos: corto y largo. El esófago corto es un simple pasaje muscular entre la boca y el estómago. El intestino tiene forma de tubo que se va adelgazando después del píloro, diferenciándose en dos partes; una anterior corta que corresponde al duodeno y una posterior más larga, aunque de menor diámetro¹².

El intestino es siete veces más largo que la longitud del cuerpo, característica que predomina en las especies herbívoras. Presenta dos glándulas muy importantes asociadas con el tracto digestivo, siendo una de ellas el hígado, que es el órgano grande de forma alargada. En la parte superior y sujeta a éste, se presenta una estructura pequeña y redonda de coloración verdosa llamada vesícula biliar, la cual se comunica con el intestino por un pequeño y diminuto tubo (conducto biliar) por el que se vierte un líquido verdoso llamado bilis que facilita el desdoblamiento de los alimentos. La otra glándula digestiva importante es el páncreas, representado por pequeños fragmentos redondos, de difícil observación a simple vista, por estar incluido en la grasa que rodea los ciegos pilóricos¹³.

2.3.2 El sistema circulatorio. Constituido por el corazón, que es un órgano de forma redonda, generalmente bilobular, compuesto por tejido muscular y localizado casi en la base de la garganta. Poseen una vejiga natatoria que se encuentra pegada a la base intermedia por debajo de la columna vertebral, con forma de bolsa alargada, el cual es un órgano hidrostático que le sirve para flotar a diferentes profundidades¹⁴.

2.3.3 El sistema excretor. Constituido por un riñón, que es un filtro de forma ovoide que presenta un solo glomérulo; la sangre fluye a través de éste mediante unos tubos hacia los uréteres, que secretan en la vejiga natatoria y posteriormente hacia el exterior¹⁵.

2.3.4 El aparato reproductor. Constituido por un par de gónadas. En las hembras, los ovarios son de forma alargada y tubular de diámetro variable; en los machos los testículos son pares, y están situados en la parte superior por arriba del hígado y por debajo de la vejiga natatoria, siendo su configuración como de pequeños sacos de forma alargada¹⁶.

¹²Ibíd., p.20

¹³Ibíd., p.20

¹⁴Ibíd., p.20

¹⁵Ibíd., p.21

¹⁶Ibíd., p.21

2.4 CARACTERÍSTICAS IDEALES PARA EL CULTIVO DE TILAPIA ROJA

La Tilapia roja es apta para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales. Debido a su naturaleza híbrida, se adapta con gran facilidad a ambientes lénticos (aguas estancadas), estanques, lagunas, reservorios y en general a medios confinados¹⁷. Para ser cultivadas, se destacan las siguientes variables:

2.4.1 Oxígeno disuelto. Es el requerimiento más importante, al igual que la temperatura. Su grado de saturación es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y el pH. El rango óptimo está por encima de las 4 mg/L medido en la estructura de salida del estanque.

La Tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg/L); no obstante, el efecto de estrés al cual se somete es la principal causa de infecciones patológicas. Los niveles mínimos de oxígeno disuelto para mantener un crecimiento normal y baja mortandad se debe mantener un nivel superior a los 3,0 mg/L¹⁸.

2.4.2 Temperatura. El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapia fluctúa entre 25 - 32°C, con variaciones de hasta 5°C. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica: mientras mayor es la temperatura, mayor será la tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno. Variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche deben subsanarse con el suministro de alimentos con porcentajes altos de proteína.

Es importante tener en cuenta que a temperaturas sub-óptimas, los peces dejan de alimentarse, el sistema inmune se debilita y por lo tanto los peces se tornan altamente susceptibles a enfermedades, hay mortalidad por manipulación y se inhibe la reproducción, entre otros factores¹⁹.

2.4.3 Alcalinidad de carbonatos. Es la medida de la concentración de los iones de Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺ expresada en ppm de su equivalente carbonato de calcio. Existen aguas blandas (<100 ppm) y aguas duras (>100 ppm). Su rango óptimo se encuentra entre 50 - 350 ppm y debe tener una alcalinidad entre 100 - 200 ppm.

¹⁷ Empresa de alimentos balanceados para camarones Nicovita del Perú. Manual de Crianza de Tilapia. Alicorp S.A. Av. Argentina 4695 Carmen de la Legua - Callao 3, Lima, Perú. p.3-4.2008. [Consultado 22 Diciembre. 2009]. Disponible en: <<http://www.buscagro.com/Detailled/42861.html>>

¹⁸ Ibíd., p.9

¹⁹ Ibíd., p.9

En caso de presentarse aguas demasiado blandas, se recomienda la aplicación directa de Cal Agrícola o Limo Agrícola (Carbonato de Calcio: CaCO_3) o de Cloruro de Calcio (CaCl), ya que muchas especies son afectadas disminuyendo el crecimiento, la fecundidad, y presentando pérdida de escamas y deshílachamiento de las aletas. La alcalinidad está relacionada directamente con la dureza²⁰, pero una alta alcalinidad no necesariamente representa una alta dureza.

2.4.4 Potencial hidrogeno (pH). La gran mayoría de los organismos acuáticos sobreviven sin problemas en aguas neutrales ($\text{pH} = 7,0$) o ligeramente alcalinas; en peces el rango normal se encuentra entre 6,5 y 9,0, ya que esto permite la secreción normal de mucus en la piel, combinado con una dureza normalmente alta. Valores fuera de este rango causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, disminución y retraso de la reproducción y el crecimiento. Valores de pH cercanos a 5 producen mortandad en un período de 3 a 5 horas por fallas respiratorias, además causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus.²¹

2.4.5 Amonio. Es un producto de la excreción, orina de los peces y de la descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (en forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces, es un elemento tóxico y aumenta con una baja concentración de oxígeno, pH alcalino y temperatura alta.²²

Una concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de las sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión, susceptibilidad a enfermedades, exoftalmia (ojos brotados), ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen), reducción del crecimiento y la supervivencia. El amonio en pH bajos (ácidos) no causa mortandades. Los valores de amonio deben fluctuar entre 0,01 – 0,1 ppm (valores cercanos a 2 ppm son críticos). El amonio es tóxico, ya que depende del pH y la temperatura del agua; los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el rango de 0,6 – 2,0 ppm²³.

2.4.6 Nitritos. Es un poderoso agente contaminante que se generan en el proceso de transformación del amoniaco a nitratos. Su toxicidad depende de la cantidad de cloruros, de la temperatura y de la concentración de oxígeno en el agua.

²⁰Ibid., p.10

²¹Ibid., p.10

²²Ibid., p.11

²³Ibid., p.12

Los nitritos son producto de la actividad biológica relacionada con la descomposición de los componentes proteicos de la materia orgánica. Niveles tóxicos de nitrito son comunes en sistemas de recirculación y altas densidades de producción. Es necesario mantener la concentración por debajo de 0,1 ppm, ya que los niveles altos de nitritos interfieren con la habilidad de la sangre de los organismos para absorber Oxígeno²⁴. Para controlar los aumentos se recomienda intensificar los recambios y limitar la alimentación.

2.4.7 Dióxido de carbono (CO₂). Está presente en el agua en forma gaseosa y es un producto de la actividad biológica y metabólica que puede aumentar con el incremento de la respiración, los productos de desecho, la descomposición aeróbica de materia seca y la disminución de la fotosíntesis. Debe mantenerse en un nivel inferior a 20 ppm; valores superiores ocasionan letargia e inapetencia y pueden estresar a los peces causándoles inclusive la muerte²⁵.

2.4.8 Gases tóxicos. Son gases producidos por la degradación de materia orgánica. Las concentraciones de algunos gases como el sulfuro de hidrógeno y de ácido cianhídrico deben ser <10 ppm y de metano <25 ppm para evitar tasas de mortalidad.²⁶

2.4.9 Sólidos en suspensión y turbidez. Los sólidos en suspensión aumentan la turbidez en el agua, disminuyendo el oxígeno disuelto en ella. La forma de controlarlos es utilizando sistemas desarenadores y filtros; para la turbidez se recomienda hacer recambios de agua de forma continua o bajando el nivel del agua, para reponerla con agua nueva.²⁷

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

En Colombia, la acuicultura se consolida como la actividad de mayor desarrollo dentro del sector pesquero²⁸, y su aporte a la producción pesquera nacional supera el 27% de la producción total; siendo los productos de acuicultura más importantes en su orden: la Tilapia (*Oreochromis sp*) en un 95%, las Cachamas

²⁴ Ibid., p.13

²⁵ ATLATENCO CANTOR, Fernando. Manual de producción de Tilapia. México. 2007. [Consultado 22 de Diciembre 2009]. Disponible en: <<http://www.scribd.com/doc/26642997/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>>

²⁶ NICOVITA., 2008. Op.cit.p.23

²⁷ ATLATENCO.2007. Op.cit.p.23

²⁸ SEPÚLVEDA Sofía. El siglo XXI. Colombia: ¿Potencia en acuicultura? Panorama Acuícola, 5:20-30, 2000.

(*Piaractus brachipomus* y *Colossoma macropomun*), los Camarones de cultivo (*Litopenaeus vannamei* y *L. stylirostris*), y la Trucha (*Oncorhynchus mykiss*)²⁹.

Una de las ventajas a tener en cuenta para la producción de Tilapia en Colombia es su posición geográfica, tanto para producción como para el mercadeo nacional e internacional por la presencia de dos océanos que abren posibilidades hacia todos los continentes. Por otra parte, los diferentes pisos térmicos dan la posibilidad de cultivar, el régimen de temperaturas estable por ser un país tropical, y la disponibilidad de aguas; permiten aspirar a un futuro prometedor que se ve en el crecimiento que se da día a día, por la cantidad de personas que desean establecer proyectos acuícolas de todo tamaño con el apoyo de instituciones y asociaciones³⁰.

La industria piscícola colombiana en el 2006 produjo 56.530,98 toneladas métricas de carne de pescado continental en estanques; de éste total, el 62% es producción de Tilapia roja para abastecer fundamentalmente el mercado nacional. Los precios en el mercado interno fluctúan entre 1,6 y 1,8 dólares el kilo de pescado entero, es decir, sin vísceras, sin escamas y sin branquias³¹.

El departamento del Huila es el mayor productor de Tilapia roja, seguido por los departamentos como Tolima, Valle y los Santanderes. Cabe anotar que el 70% de la producción reportada en el Huila y el 50% de la reportada en el Tolima, corresponde a la producción de tilapia roja en jaulas en los embalses de Betania (35.000 m²) y Prado (12.000 m²), respectivamente. El 66% de producción acuícola proviene de sistemas industriales e intensivos, y el 34% restante de sistemas de mediana y pequeña escala³².

En los últimos años el cultivo en jaulas ha tenido un gran desarrollo, ante la facilidad de cultivar altas producciones por unidad de volumen (150 peces/m³ ó 50 kg/m³, como es el caso del embalse de Betania en el departamento del Huila³³ y en la represa La Salvajina en el departamento del Cauca³⁴), donde se aprovechan los grandes cuerpos de agua y además facilita el control de las pérdidas por robo y

²⁹CAMPO CASTILLO. Op.cit.,p.17

³⁰RODRÍGUEZ, Horado. Generalidades del Desarrollo de la Acuicultura Marina en Colombia. Fundamentos de Acuicultura Marina en Colombia. Serie Fundamentos N° 2.INPA, Colombia. pp 1-21, 1995

³¹FAO. Piscicultura en jaulas y corrales, documento técnico de pesca 255 (Roma 1986). [Consultado 22 Diciembre. 2009]. Disponible en: <<http://www.zoetecnocampo.com/foro/Forum17/HTML/000252.html>>

³²CAMPO CASTILLO.2009. Op.cit.,p.17

³³FAO. Op.cit., p.5

³⁴PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Diagnóstico de la actividad piscícola en la represa La Salvajina con énfasis en el manejo de los residuos sólidos. Popayán Cauca. Agosto. 2009

por predación de aves, que ha llegado a ocasionar bajas de hasta un 40% en el número de peces sembrados³⁵.

En el caso del departamento del Cauca La represa La Salvajina fue construida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC y la Corporación Regional del Cauca CRC; y está localizada a 76 Km al Norte de la ciudad de Popayán, a una altitud de 1.100 m.s.n.m; llevándose a cabo producciones piscícolas especialmente de tilapia roja por parte de productores de la zona, encaminadas en la seguridad alimentaria, generación de empleo, erradicación de la pobreza y mejoramiento de la calidad de vida. Entre los productores que se dedican a la producción en jaulas flotantes y a proyectos acuícolas en la represa está: ASPROINCA (Asociación de productores indígenas del Cauca), APISMO (Asociación de productores piscícolas del municipio de Morales) y ASOPIM (Asociación de piscicultores de Mindalá perteneciente a Afrodescendientes)³⁶.

Actualmente las tres asociaciones están unificadas junto a proyectos de ensilaje de residuos de la Universidad del Cauca, con el apoyo de instituciones como ADAM, CREPIC y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, con el fin de disminuir el impacto ambiental generado en la represa por la mala disposición y manejo sanitario de los residuos en la actividad piscícola, aprovechándolos como alternativa de alimentación, situación que se convierte en un limitante para el progreso de la producción acuícola en esta zona³⁷.

2.6 ALIMENTACIÓN

El éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente de la calidad y cantidad del alimento suministrado, ya que éste representa entre el 50 - 70% de los costos de producción que, si no son bien manejados, disminuyen la rentabilidad del negocio; es por eso que el manejo de las cantidades y los tipos de alimento a suministrar deben ser controlados y evaluados periódicamente para evitar los costos excesivos.

La presentación del alimento (semi-harinas, pellet pequeño, pellet grande) y los requerimientos de proteína, varían de acuerdo a la etapa de crecimiento del animal; los niveles de proteína en el alimento disminuyen a medida que el animal

³⁵ BELTRÁN, G. Isabel Cristina. Modelos de jaulas flotantes para el cultivo de peces en clima cálido, Red Nacional de Acuicultura, Memorias de la Segunda Reunión Red Nacional de Acuicultura. Neiva. Septiembre de 1988.

³⁶ Salvajina. [Consultado 22 de Diciembre 2009]. Disponible en internet en:

<<http://www.negociosgt.com/fotos/innovacion/EnfoquesyHerramientas/02PiscicolaSalvajina.swf>>

³⁷ *Ibíd.*, p. 4

se desarrolla; sin embargo, el suplemento para un cultivo intensivo de Tilapia es más del 50% del costo total del alimento³⁸.

El buen aprovechamiento del alimento dentro de una estación piscícola depende de varios aspectos:

Líneas parentales utilizadas: buena calidad de semilla.

Calidad del agua: la apetencia del pez es directamente proporcional a la calidad del agua.

Palatabilidad del alimento

Presentación del alimento: peletizado o extruido, alimento flotante o de hundimiento lento.

Técnica de alimentación: Manejo y forma de alimentar.

Control de la temperatura dentro del cuerpo de agua.

De igual forma la selección de los niveles de proteína en el alimento depende de varios factores como: la calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales), el contenido de energía en la dieta, el estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez), el tipo de cultivo (intensivo y/o semi-intensivo), presentación del alimento (peletizado o extruido), producción primaria del ecosistema y el factor económico³⁹.

A continuación en el cuadro 1 se presentan los requerimientos nutricionales para Tilapia en la fase de engorde.

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

REQUERIMIENTOS	CANTIDAD
Proteína cruda	24 %
Lípidos	6 %
Carbohidratos digeribles	25 %
Energía digestible	2500 – 3400 Kcal/kg
Fibra cruda	4 - 8 %

³⁸NICOVITA., 2008. Op.cit.p.23

³⁹Ibid., p.35

Cuadro 1. (Continuación)

Fósforo	0,9 %
Calcio	1.2 – 2%
Magnesio	0,5 g/kg de peso vivo
Hierro	0,15 g/kg de peso vivo
Zinc	0,02 – 0,3 g/kg de peso vivo
Yodo	0,001 g/kg kg de peso vivo
Lisina	1.5%
Metionina	0,75%

Fuente: GAMBOA, Simón 2007⁴⁰

2.6.1 Hábitos alimenticios de la tilapia. El género *Oreochromis* se clasifica como Omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton⁴¹.

Las tilapias son peces provistos de branqui-espinas con las cuales pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistente en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de absorción en el intestino, el cual mide de 7 a 10 veces más que la longitud del cuerpo del pez.

Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente y que son altamente oportunistas, modificando sus preferencias en cuanto al tipo de alimento que consumen de acuerdo con su disponibilidad y abundancia según la localidad, estación del año e inclusive sexo⁴².

Para el cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la Tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua, y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente⁴³.

⁴⁰GAMBOA, Simón. Dieta suplementaria para la producción de Tilapia roja en etapa de engorde. Agosto 2007. [Consultado 24 de mayo de 2009]. Disponible en <www.monografias.com/trabajos60/dieta-suplementaria-tilapia-roja/dieta-suplementaria-tilapia-roja2.shtml>

⁴¹DELGADO *et al.*, 2009. Op.cit., p.21

⁴²Ibíd., p. 5

⁴³Ibíd., p. 6

2.7 DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido por el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Es uno de los parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a alimentación acuícola, debido a que no basta que la proteína u otro elemento se encuentre en altos porcentajes en el alimento; sino que debe ser digerible para que pueda ser asimilado y aprovechado por el organismo que lo ingiere⁴⁴.

La determinación de la digestibilidad es esencial en el establecimiento de un balance apropiado entre los nutrientes que entran a partir de los alimentos y de los que salen a través de las heces⁴⁵. Uno de los métodos más utilizados para determinar el Coeficiente de Digestibilidad Aparente (CDA) es el método indirecto o con indicador, usando un marcador inerte indigerible; el marcador más frecuente usado es el Óxido crómico (Cr_2O_3) que es incorporado al alimento y luego analizado en el alimento y en las heces⁴⁶.

La principal ventaja del método con indicador es la no necesidad de una recolección total del material fecal, sino que sólo basta una muestra tomada al azar que contenga el indicador. Una de las desventajas es la lixiviación que sufren las heces al estar en contacto con agua circulante. Al respecto es necesario ser muy uniforme en la realización de los procedimientos, de manera que todas las muestras sufran el mismo grado de lixiviación y los resultados continúen siendo válidos, porque son comparativos⁴⁷.

Este tipo de análisis es indispensable para determinar la dieta ideal que se debe utilizar en acuicultura, de manera que al suministrarla se suplan las necesidades nutricionales de las especies, pero proporcionando reducidos excedentes de nutrientes para disminuir los impactos negativos sobre los sistemas de la agricultura y los ecosistemas acuáticos⁴⁸.

⁴⁴MANRÍQUEZ J.A. & ROMERO, Juan José. Determinación de la digestibilidad del alimento utilizado en la Salmonicultura. Una herramienta para su certificación ambiental. p. 8–9. Seminario Internacional Acuicultura y Medio Ambiente. Santiago de Chile. 1993

⁴⁵EDIN., H. Orienterande försök över användbarheten av en på "ledkroppsprincipen" grundad metod att bestämma en foderblandnings smältbarhed. Centralanstalten för försöksväsendet pa jorbruksområdet. Stockholm Medd, 165: 1–28, 1918

⁴⁶BOLIN, D.W.; KING, R.P.; AND KLOSTERMAN, W.W. A simplified method for the determination of chromicoxide (Cr_2O_3) when used as an inert substance. Science, 116(3023): 634–635, 1952

⁴⁷CHOUBERT G.; DE LA NOÛE, J.; LUQUET, P. Continuos quantitative automatic collector for fish feces. The Progressive Fish-Culturist, 41: 64–67, 1979

⁴⁸HENRY SILVA, Gustavo Gonzaga y CAMARGO, Antonio Fernando. Valor nutritivo de macrófitas acuáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamento de efluentes de aquíicultura. Acta Scientiarum. Revista Brasileira de Zootecnia, v.24, n.2, p.519-526, 2002

Los principios que deben guiar el desarrollo de las dietas con baja carga de contaminación son: alta digestibilidad de los ingredientes, aceptabilidad de la ración por la creación, equilibrio adecuado de nutrientes, alta estabilidad de los pellets y tamaño compatible con la capacidad de ingestión de organismos acuáticos⁴⁹.

2.8 ENSILADO BIOLÓGICO DE PESCADO

Actualmente existe un gran interés por la búsqueda de nuevas fuentes proteicas que además de cubrir las necesidades nutricionales de las especies que se cultivan, tengan un bajo costo de producción.

Uno de estos alimentos alternativos son los ensilados de pescado, que son productos fermentados elaborados a partir de pescado entero o residuos como las vísceras, mezclados con una fuente de carbono y un inóculo, obteniéndose un proceso de fermentación anaeróbica y un producto químicamente estable con alto valor nutritivo; además de la producción de ácido láctico y otros ácidos orgánicos generados durante la fermentación que reducen el pH a niveles que inhiben el desarrollo de microorganismos patógenos, lo que resulta en un producto final microbiológicamente seguro⁵⁰, que no atrae insectos indeseables ni olores desagradables⁵¹.

Si se tiene en cuenta la gran cantidad de peces que se cosechan y todos los residuos que se generan al filetearlos y eviscerarlos en las actividades pesqueras, donde muchos de estos residuos son devueltos al mar provocando una elevada contaminación de los ecosistemas marinos, los ensilados se presentan como una alternativa sostenible de conservación, a bajo costo, que disminuirán la contaminación y se aprovecharán organismos marinos de origen pesquero, logrando a la vez incrementar los indicadores de crecimiento, la eficiencia de la conversión alimentaria y de la proporción proteica en los peces alimentados con este tipo de alimento⁵². Entre las ventajas que señalan algunos autores del ensilaje de vísceras de pescado respecto a la harina de pescado son las siguientes:

⁴⁹MIDLEN, Alex and REDDING, Theresa. A. Environmental Management for Aquaculture. Kluwer Academic Publishers, London: 215pp, 1998

⁵⁰RABIA, Z. F.; RÍAZ, S. Seena and QADRI, R.B. Preparation of fish silage by microbial fermentation. Tropical Science. 33(2): 171-182, 1993

⁵¹BELLO, Rafael., CARDILLO, Elizabeth y MARTÍNEZ, Raúl. Estudios sobre la elaboración de ensilados microbianos a partir de pescado eviscerados. Archivo Latinoamericano de Nutrición,43(3):221-227, 1993

⁵²GONCALVES, J. F.; SANTOS, S.; SOUSA, V.P.; BATISTA, I. y COIMBRA, J.: The use of fish silage as an ingredient for eel fingerling nutrition. Aquaculture.80: 135-146, 1989

Puede elaborarse a escala deseable, ya que no requiere de grandes y costosas instalaciones para su fabricación⁵³.

Las proteínas no sufren daño térmico, aventajando así a las harinas de pescado en la conservación de sus propiedades nutricionales⁵⁴.

La producción de olor es imperceptible⁵⁵.

No requiere refrigeración para su conservación. Se conserva en óptimas condiciones para su uso por períodos mayores de un año, incluso a temperatura ambiente muy alta⁵⁶.

El proceso requiere de una menor inversión inicial y tiene menores costos de producción y energéticos, porque no necesita procesos de deshidratación y evaporación⁵⁷.

Como desventajas, debe señalarse que por sus características semi-líquidas requiere de gran espacio para su almacenamiento, en comparación con la harina de pescado⁵⁸.

2.9 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Es de gran importancia realizar investigaciones acerca del ensilado de pescado como fuente y alternativa alimenticia, ya que ha demostrado ser un producto de gran digestibilidad, con proteínas de un elevado valor biológico, fácil elaboración y bajo costo.

2.9.1 Utilización de ensilados de pescado en la alimentación de peces.

Diversos trabajos han demostrado el valor del ensilaje de vísceras de pescado como materia prima para dietas en la alimentación de peces, como el estudio en el que se elaboró ensilados de pescado a partir de la Tilapia del nilo (*Oreochromis*

⁵³ WINDSOR, Malcom y BARLOW, Stuart. Introducción a los subproductos de pesquería. Ed. ACRIBIA. España. 1984. [Consultado 24 de mayo de 2009]. Disponible en <<http://www.monografias.com/trabajos39/alimentacion-peces/alimentacion-peces2.shtml> >

⁵⁴ BARRAL, A.; CASTAÑÓN, C.; BERGAMASCHI, N. y ROTH, R. Ensilados ácidos de pescado. La Industria Cárnica, 17:76, 43-47, 1989

⁵⁵ WIGNALL, J. y TATTERSON, I. Fish silage. Process Biochemistry. January/February. 1977

⁵⁶ RAA, Jan and GILDBERG, A. 1982. Op. cit., p.17

⁵⁷ WINDSOR, Malcom y BARLOW, Stuart. 1984. Op.cit.p.1

⁵⁸ *Ibíd.*,p.1

niloticus) con ácidos (sulfúrico y propiónico) y los incluyeron en dietas para la Cachama negra (*Colossoma macropomum*), con lo que se logró sustituir completamente la harina de pescado por ensilado⁵⁹.

Se alimentó alevines de Cachama negra (*Colossoma macropomum*), con dietas a las que se les había incluido ensilados de pescado y no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre la ganancia media diaria, factor de conversión alimentario medio y la tasa de eficiencia proteica. Así se demostró que puede ser una buena alternativa desde el punto de vista nutricional y económico⁶⁰.

En Argentina se realizó un estudio donde se evaluó el ensilado de vísceras de pescado de río como fuente de proteína, y fórmulas alimentarias a base de harina de soja; como sustituto total o parcial de la harina de pescado en el engorde final de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*). Los resultados demostraron que la utilización del ensilado no retardó el crecimiento por efecto de factores anti nutricionales del ingrediente, y que permite suplantar en su totalidad la harina de pescado⁶¹.

En Cuba, se alimentó Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) con ensilados (biológico y bioquímico) y se obtuvieron resultados nutricionales y económicos alentadores⁶². También se alimentó alevines de pez Gato africano (*Clarias gariepinus*) a través de ensilados químicos de pescado e incluidos en dietas semihúmedas como única fuente de proteína de origen animal sin afectar los indicadores de crecimiento, utilización de alimentos y supervivencia, con respecto a la dieta que contenía harina de pescado, lo que permitió reducir los costos por concepto de alimentación en el cultivo de esta especie⁶³.

En Brasil alimentaron alevinos de Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) con dietas que contenían diferentes niveles de inclusión de ensilaje ácido de los

⁵⁹VALENCIA, O.; DORADO, M.P. y OTEGA, E. Ensayo sobre la alimentación de la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) con pescado almacenado y preservado en ácidos orgánicos e inorgánicos (Fish silage). *Boletín científico. INPA* (2). 1994

⁶⁰LESSI, Edson. Ensilajes de pescado en Brasil para la alimentación animal. Manaus: CPTA/INPA, 2001. [Consultado 11 Agosto 2010]. Disponible en: <<http://www.fao.org/livestock/aphp134/cap3.htm>>

⁶¹WICKI Gustavo.; WILTCHIENSKY Edgardo.; LUCHINI Laura. Ensilados de vísceras de pescado de río como fuente de proteína y formulas alimentarias a base de harina de soja, o de algodón, o de pluma; como sustituto total o parcial de la harina de pescado en el engorde final de pacú, en el noreste argentino. Centro Nacional de Desarrollo Acuicola (GENADAC.) Dirección de Acuicultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGP y A). Argentina. 2002

⁶²LLANES, José. Producción y utilización de ensilado de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Biología Marina con mención en Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. 2003

⁶³BOTELLO, Aroldo León. Utilización de diferentes ensilados químicos de pescado en la alimentación de alevines del pez Gato africano (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Biología Marina con mención en Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. 2005

residuos de tilapia (0, 10, 20, 30 y 40%), para determinar la digestibilidad y desempeño de los animales, demostrando que el ensilado es utilizado eficientemente por la tilapia, y que los niveles estudiados de sustitución de harina de pescado se pueden utilizar sin sacrificar el rendimiento⁶⁴.

Se evaluaron cinco dietas húmedas con diferentes porcentajes de inclusión (40, 50, 60, 70 y 80) de ensilado químico de pescado, como única fuente de proteína animal, las que fueron comparadas con un alimento comercial (20% de harina de pescado) en la alimentación de alevines de *Clarias gariepinus*; llegando a la conclusión de que el ensilaje no afecta los indicadores de crecimiento de los animales, y que su empleo disminuye considerablemente los costos de producción por conceptos de alimentación⁶⁵.

Se evaluó el ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*), determinando la digestibilidad aparente total y de cada uno de los nutrientes, así como los parámetros de rendimiento (peso, talla) y conversión alimenticia. Los resultados permitieron deducir que solo se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para DAFC entre los tratamientos asignados, siendo mejor T0, y para los parámetros de rendimiento ganancia de peso y talla, 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 tratamientos⁶⁶.

2.9.2 Estudios de digestibilidad. A la hora de valorar el potencial de una materia prima o de una dieta formulada, se hace necesario medir su digestibilidad; esta medición consiste básicamente en cuantificar que cantidad de un nutriente o dieta en particular es digerida y absorbida por el pez; y cuánto de la misma es eliminada a través de las heces⁶⁷.

Las investigaciones de digestibilidad de alimentos en peces son relativamente recientes; la mayoría de estas investigaciones han sido basadas en la introducción

⁶⁴ MORAES DE OLIVEIRA, Marinez, *et al.* Desempenho produtivo e digestibilidade pela Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) alimentada com dietas suplementadas com níveis crescentes de silagem ácida de pescado. Zootecnia e Medicina Veterinaria. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brazil. 2006

⁶⁵ LLANES I, José.; TOLEDO P, José.; LAZO DE LA VEGA, José. Máximo porcentaje de ensilado químico de pescado en la dieta de *Clarias gariepinus*. Centro de Preparación Acuícola Mamposton. La Habana. Cuba. p.5. 2007

⁶⁶ PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010.

⁶⁷ ALBORNOZ SAEZ, Jermán Patricio. Utilización digestiva de dietas con distintos niveles de inclusión de harina de lupino (*Lupinus albus*) en juveniles de Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado (Licenciado en Ciencias de la Acuicultura). Universidad católica de Temuco. Facultad de acuicultura y Ciencias veterinarias. Escuela de Acuicultura. Temuco. 2003

de un indicador inerte de la digestión, tal como el óxido crómico, para entender el grado en que los nutrientes son absorbidos. La utilización de este componente indigestible en la dieta, eliminan la necesidad de una recolección cuantitativa de heces, pero requiere de una cantidad representativa de estas mismas⁶⁸. El uso de marcadores debe cumplir con requisitos básicos como tener la capacidad de ser incluido en un alimento de forma homogénea, fácil de determinar en laboratorio, ser indigestible sin afectar el metabolismo del animal y ser higiénico y amigable con el medio ambiente⁶⁹.

2.9.3 Recolección de heces. En estudios de digestibilidad para peces resulta difícil separar las heces del agua y evitar su contaminación con residuos del alimento no consumido. Sin embargo, existen métodos que facilitan este proceso como son el "Sistema Guelph", método desarrollado por Cho HW_DO. (1985), basado en una columna de decantación para separar las heces del efluente de agua, permitiendo que las heces resultantes ingresan a un tubo decantador ubicado al exterior del tanque donde se realiza la extracción⁷⁰. Este sistema posee la ventaja de que los peces no están expuestos a estrés, excretan en forma natural y no limita el tamaño de los peces a utilizar en un bioensayo⁷¹.

Por el contrario existen las desventajas de que se debe contar con tanques especialmente diseñados con una columna de decantación⁷² y se puede presentar la pérdida de nutrientes a través de la lixiviación, que es mínima cuando las heces permanecen quietas antes de ser colectadas⁷³.

Por último la necesidad de utilizar aglutinantes en la dieta para mejorar la cohesión de las heces y evitar la lixiviación a la que puedan estar sometidas⁷⁴.

⁶⁸VANDENBERG, G., and De la NOÛE, J. Apparent digestibility comparison in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and three digestibility markers. *Aquaculture Nutrition* 7: 237-245, 2001

⁶⁹AUSTRENG, E.; STOREBAKKEN, T.; THOMASSEN, M.; REFSTIE, S. and THOMASSEN, Y. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. *Aquaculture*, 188:65-78, 2000.

⁷⁰ALBORNOZ SAEZ. 2003. Op.cit.,p.34

⁷¹HARDY, R. Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition. *Aquaculture Magazine* May/June. 1997

⁷²BUREAU, D. and CHO, C. Measuring digestibility in fish. *Fish Nutrition Research Laboratory*, 6pp,1999

⁷³VANDENBERG, G., and De la NOÛE, J. 2001. Op.cit.,p.35

⁷⁴REGOST, C.; ARZEI, J. and KAUSHIK, S. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diets for turbot (SVHWWD_PD[LPD]). *Aquaculture*. 180. 99:117, 1999

3. METODOLOGÍA

3.1 LOCALIZACIÓN

El ensayo se llevó a cabo en una instalación diseñada para estudios de digestibilidad, ubicada en la facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca, vereda Las Guacas, municipio de Popayán, a una altitud de 1.850 msnm y una temperatura promedio de 18°C.

3.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS PARA LA EVALUACIÓN

Para el desarrollo de la evaluación se realizó la siguiente actividad:

3.2.1 Acondicionamiento de las instalaciones. Antes de la llegada de los animales se efectuaron labores de limpieza en suelo, paredes y techo con hipoclorito de sodio a 100 ppm, y se acondicionó la instalación que había sido construida para anteriores estudios de digestibilidad.

Así mismo se realizó el lavado y desinfección del tanque de recibimiento de los animales con capacidad de 200 litros, los tanques de almacenamiento de agua y las jaulas con hipoclorito de sodio a 100 ppm. Para las bombas aireadoras y termostatos se utilizó una solución de 50 ppm de hipoclorito de sodio. A continuación en la figura 2 se ilustra el diseño de la instalación.

Figura 2. Instalaciones para el ensayo

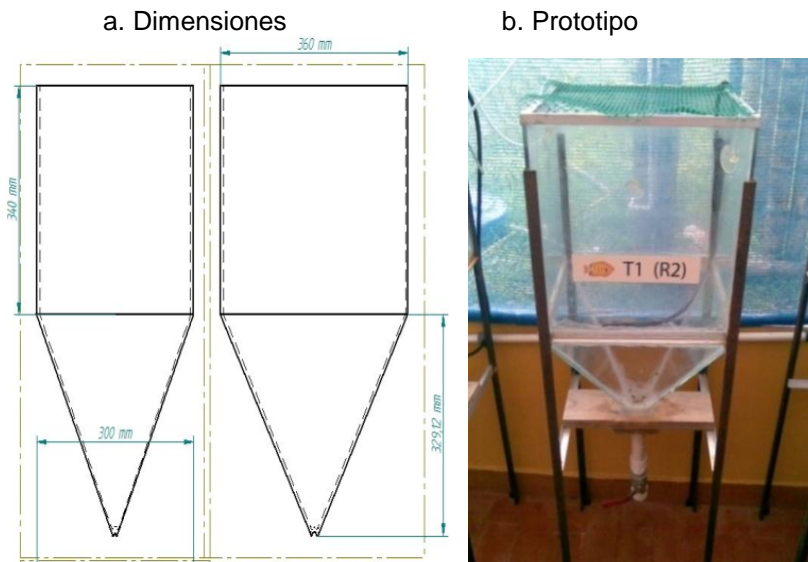


3.2.2 Equipos utilizados para el sistema de cultivo. Para la ejecución de la evaluación se utilizaron los siguientes equipos:

3.2.2.1 Jaulas metabólicas. Se emplearon nueve jaulas metabólicas para estudios de digestibilidad, adaptadas del sistema tradicional GUELPH.

Las jaulas elaboradas para la recolección de la materia fecal por medio de inclinaciones en vidrio, constan de cuatro partes: la primera de ellas es una figura cúbica que tiene las siguientes dimensiones: 0,36 m de largo, 0,30 m de ancho y 0,34 m de alto. La segunda es una pirámide invertida que tiene las siguientes dimensiones 0,34 m de altura y un área de la base de 0,108 m². La tercera es un sistema de llaves para el paso y cierre del flujo de agua, en el cual se acopla un tubo de ensayo plástico tipo Falcon de 50 mL, y la cuarta parte está constituida por una base de hierro, aluminio y madera que soporta el peso de la jaula, como se puede apreciar a continuación en la figura 3.

Figura 3. Diseño de las jaulas metabólicas



Fuente: Perea y Garcés. 2010.⁷⁵

3.2.2.2 Termostatos. Éstos fueron instalados en las jaulas semi-sumergidos y calibrados a 26°C, la cual es la temperatura promedio del cultivo de tilapia en las estaciones piscícolas de la Salvajina. En la figura 4 se muestra la instalación del termostato y la descripción del modelo empleado en el ensayo.

⁷⁵PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit., p.34

Figura 4. Instalación de los termostatos en las jaulas

a. Modelo del termostato



b. Instalación del termostato en la jaula



MODELO: RESUN SUNLIKE-100

Voltaje: 100~120V 220~240V

Potencia: 100W

Dimensiones: 26,5cms de alto, diámetro: 2,5cms

3.2.2.3 Bombas aireadoras. El sistema de aireación utilizado en el ensayo consta de bombas aireadoras marca Hagen ELITE 802 de dos salidas de 3,5 PSI, a las cuales se les conectaron mangueras que permitieron la distribución del aire a todas las jaulas, terminando conectadas al final a las piedras difusoras. La oxigenación fue constante durante todo el ensayo. En la figura 5 se presenta el sistema de aireación.

Figura 5. Sistema de aireación

a. Modelo de bombas aireadoras



b. Sistema de aireación



3.2.2.4 Preparación de equipos. Una vez adecuadas las instalaciones, se procedió a realizar la desinfección de las jaulas metabólicas, bombas aireadoras, filtro y termostatos con una solución de 50ppm de hipoclorito de sodio. El lavado y la desinfección se llevaron a cabo con el objetivo de evitar algún tipo de contaminación que alterara la evaluación, ya que anteriormente se había realizado otro estudio similar de digestibilidad.

Después de desinfectar, a las jaulas metabólicas se les realizó mantenimiento retirando la silicona desgastada de los bordes y aplicando de nuevo para evitar fugas de agua. Una vez arregladas, fueron distribuidas en filas y rotuladas al azar con sus respectivos tratamientos y repeticiones.

3.3 MATERIAL BIOLÓGICO

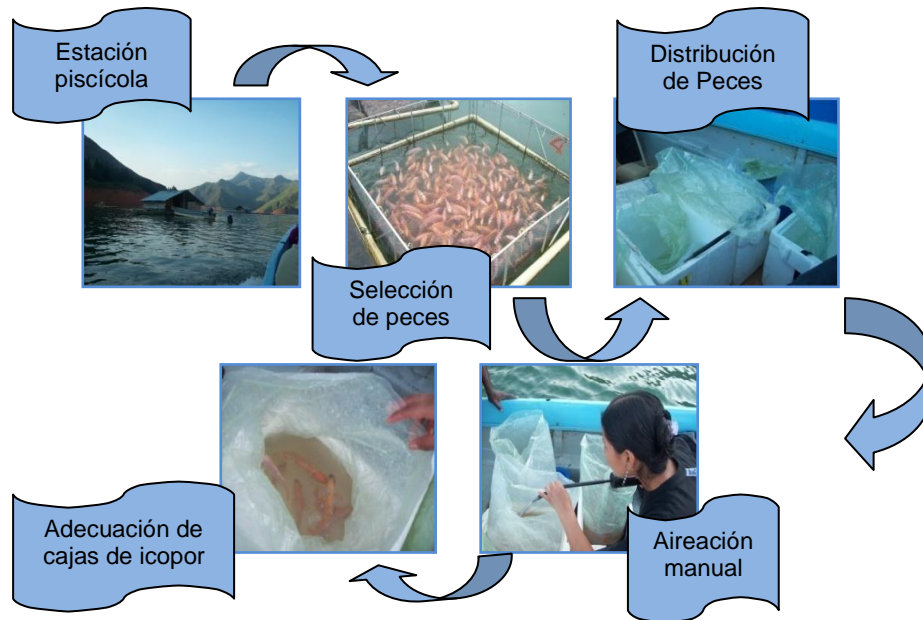
Antes de iniciar la evaluación se realizó el siguiente manejo a los animales:

3.3.1 Selección y manejo de los animales. Se seleccionaron 60 individuos de tilapia roja (*Oreochromis spp*) los cuales fueron obtenidos de la estación piscícola de ASPROINCA ubicada en la represa La Salvajina corregimiento de Mindalá, municipio de Suárez en el departamento del Cauca, con un peso promedio de 100g. Los peces se transportaron desde la estación piscícola hasta las instalaciones destinadas para la evaluación en la Universidad del Cauca en bolsas plásticas para alevinos, colocando 10 peces/bolsa.

Al agua utilizada para el transporte se le realizó un tratamiento con sal marina, y el nivel de oxígeno se mantuvo constante a través de bombeo de aire en forma manual por lapsos de 10 minutos. Para garantizar la protección de los peces durante el transporte, las bolsas se colocaron en cajas de icopor con capacidad de 20 kg de peso.

En la figura 6 se ilustra el diagrama del proceso de transporte.

Figura 6. Proceso de transporte de los peces



3.3.2 Recepción de los animales. Para evitar que el grado de estrés fuera mayor en el momento de pasar los peces de las bolsas al tanque de recibimiento, debido a la diferencia térmica entre las aguas del transporte y de las jaulas, y a los cambios bruscos de salinidad, previamente se manejó el agua del tanque de recibimiento adicionando 800g de sal marina, 12 mL de anticloro, y calibrando los termostatos a una temperatura de 26°C; además se colocaron piedras difusoras conectadas a bombas aireadoras para mantener constante el nivel de oxígeno.

3.3.3 Tratamiento profiláctico. Las altas densidades que maneja la estación piscícola ASPROINCA conducen a que los animales seleccionados estén propensos a sufrir enfermedades, debido a que los parásitos se multiplican mucho más en unidades de siembra poblacional alta al ser más fácil encontrar un huésped⁷⁶. Además, la exposición de los peces a factores que comprometan su sistema inmunológico como el estrés, la química del agua y los cambios bruscos del medio ambiente, hacen que los animales sean más susceptibles a la aparición de enfermedades como la Saprolegnia, que es la más común en las explotaciones piscícolas causada por hongos.⁷⁷

⁷⁶ Granja agroacuícola sustentable. Acuicultivos del valle. [Consultado 27 de Julio 2010]. Disponible en: <http://www.acuacultivosdelvalle.mex.tl/29551_SANIDADACUICOLA.html>

⁷⁷ Foro superfauna. Saprolegnia ¿El ataque de un hongo?. Barcelona. [Consultado 20 de Agosto 2010]. Disponible en: <<http://foro.superfauna.es/showthread.php?t=941>>

Teniendo en cuenta lo anterior, los animales fueron sometidos a un tratamiento profiláctico por un periodo de 10 días, que consistió en preparar una solución de azul de metileno (1 g/20 litros de agua) para adicionarle a cada jaula 50 mL; este tratamiento se realizó con el propósito de controlar la aparición y la proliferación de enfermedades que pudieran portar algunos animales.

A continuación en la figura 7 se ilustra el diagrama del tratamiento profiláctico realizado.

Figura 7. Tratamiento Profiláctico



3.4 CAMBIO Y RECAMBIO DE AGUA

Para el cambio y recambio de agua de las jaulas metabólicas se usaron dos tanques plásticos, cada uno con una capacidad de 500 litros. Uno de ellos se encontraba sobre una caseta en guadua, elevado a 3m del suelo, y el otro tanque al lado de la misma pero bajo la superficie; éstos se llenaban con agua del acueducto, la cual fue tratada con anticloro en una concentración de 30 mL/500 litros de agua y la aplicación de 3000g de sal marina.

El recambio se define básicamente como el cambio parcial del agua, y este procedimiento se realizó a diario reemplazando un 40% del agua de cada jaula, la cual se transportaba por tubería cerrada y pasaba por un filtro hasta el tanque ubicado en el piso, para ser subida al tanque elevado por medio de una electrobomba; donde posteriormente, por medio de tuberías era devuelta a cada una de las jaulas que caía en chorro con el fin de aumentar los niveles de oxígeno y mejorar la calidad del recurso hídrico a los peces.

El cambio que consiste en la eliminación o reposición total del agua, con el propósito de eliminar residuos sólidos que pudiera causar taponamiento de la tubería y contaminación del agua, se realizó cada 5 días; para ello las jaulas se vaciaban dejando cierta parte del agua para los peces, y el filtro era retirado con el fin de que el agua descartada no llegara al tanque a nivel de piso y fuera totalmente evacuada. Luego los tanques y las jaulas se llenaban con agua limpia y tratada.

Para evitar la proliferación de algas se realizaron exhaustivas labores de limpieza de cada una de las jaulas, cepillando bordes y paredes, aprovechando que los peces eran trasladados a otro sitio mientras se pesaban y que no se les ocasionaría mayor estrés por esta labor.

A continuación en las figuras 8 y 9 se ilustra el proceso de cambio y recambio.

Figura 8. Recambio de agua

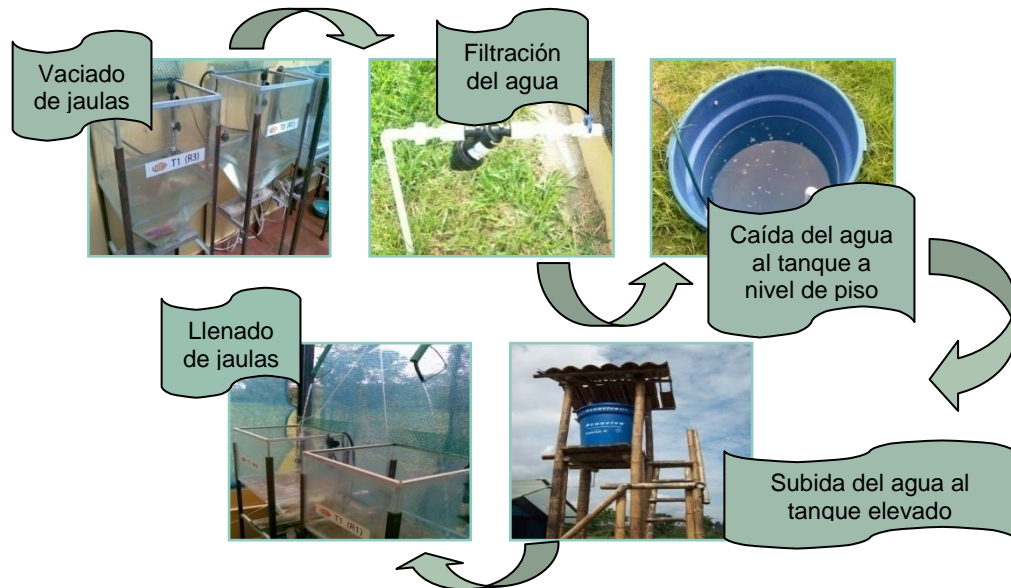
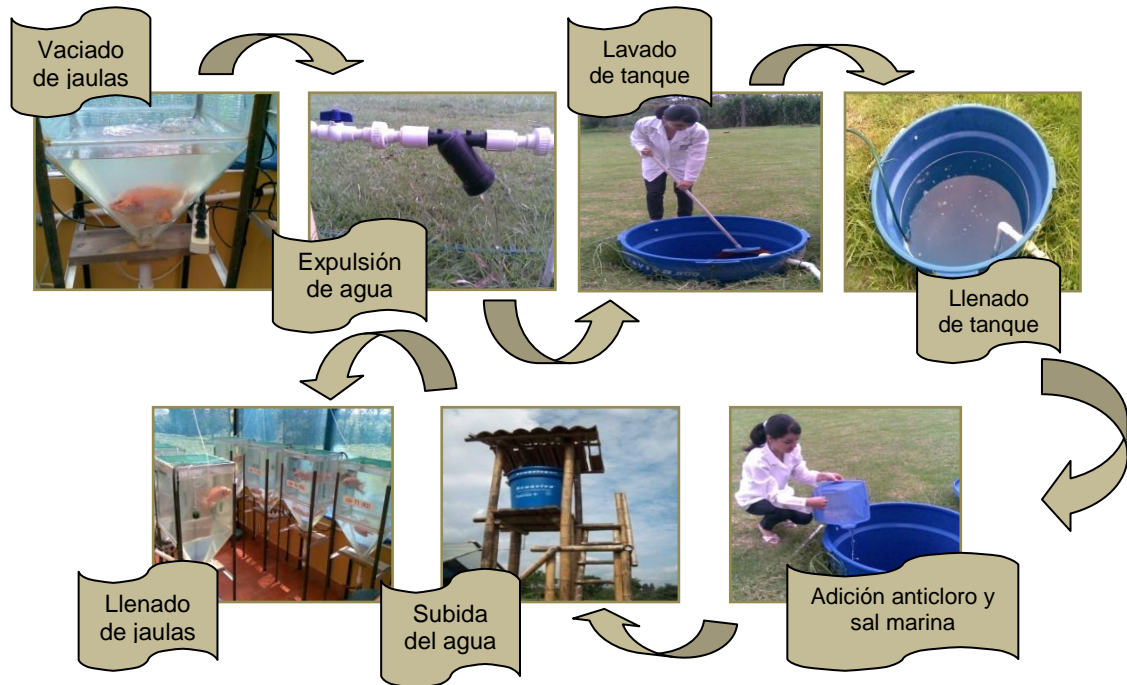


Figura 9. Cambio de agua



3.5 ACOSTUMBRAMIENTO DE LOS ANIMALES

El período de acostumbramiento tuvo una duración de 10 días y se realizó con el fin de que el tracto digestivo de los animales se adaptara a las dietas y hubiera una aceptabilidad en el momento de suministrárselas; además se analizó el comportamiento de los animales respecto al espacio, la temperatura, consumo de alimento y cantidad de heces recolectadas por día.

Antes de iniciar con la dieta de acostumbramiento, fue necesario someter a los peces a un ayuno por un periodo de 24 horas, con el objetivo de producir el vaciado en su totalidad de los alimentos suministrados en días anteriores presentes en el tracto digestivo. El suministro del concentrado de acostumbramiento fue *ad libitum*, manualmente, dos veces al día a las 9:00 a.m. y a las 4:00 p.m., notándose un bajo consumo durante los dos primeros días, debido a las condiciones de estrés, pero a medida que transcurrieron los días éste fue aumentando.

Una vez lograda la adaptación de los peces, se procedió a iniciar la evaluación con las dietas experimentales. La formulación y preparación de las dietas de acostumbramiento y las experimentales se describen a continuación.

3.6 FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

Basándose en la composición nutricional de las materias primas convencionales y de la composición química proximal de las vísceras de Tilapia roja (Cuadro 2), se formularon las dietas acorde con los requerimientos nutricionales de la especie a alimentar en la fase de engorde.

Cuadro 2. Análisis proximal de vísceras de Tilapia roja obtenidas de la actividad piscícola en La Salvajina, en base seca (g/100g)

Muestra	Proteína	Grasa	Minerales	CHO
Vísceras	13,3	78,0	3,3	5,4

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009.⁷⁸

Para la preparación de cada una de las dietas experimentales se utilizaron las siguientes materias primas: Harina de pescado, torta de soya, maíz, harina de trigo, premezcla de vitaminas minerales y aminoácidos, carbonato de calcio, sal, aglutinante, aceite vegetal, melaza y el ensilaje de vísceras de pescado, que de acuerdo a las formulaciones realizadas se obtuvieron proporciones de cada ingrediente para las tres dietas a experimentar. La composición nutricional de cada dieta se presenta en el cuadro 5 de los resultados.

Las dietas se elaboraron en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad del Cauca, con el cumplimiento de los protocolos de asepsia y seguridad para garantizar la viabilidad del producto final.

La cantidad elaborada de cada una de las dietas fue de 1.200 g, donde las materias primas fueron pesadas de acuerdo a las proporciones obtenidas en las formulaciones, las cuales se mezclaron manualmente hasta obtener una composición homogénea.

Para peletizar las dietas, éstas se llevaron a una humedad de 45%, por lo que fue necesario adicionar agua. La cantidad de agua a adicionar por muestra se determinó a través de ecuaciones simultáneas, destacando la humedad inicial de cada muestra.

⁷⁸ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Estandarización del proceso de fermentación de ensilado biológico a partir de residuos y vísceras de Tilapia roja (*Oreochromis* spp), producidas en el embalse "la Salvajina", Departamento del Cauca. 2009

Para conseguir un buen peletizado de cada una de las dietas, se sometieron a baño maría por un periodo de 30 minutos a 80°C con una distribución homogénea de vapor, para lograr la gelatinización de los almidones que permitiera la obtención de un pellet de buena consistencia.

Una vez realizado el preacondicionamiento de las dietas, cada una de ellas fue procesada en un molino eléctrico para carne # 32 acero inoxidable marca CORONA con motor de 2 HP marca SINGLE PHASE (1.700 RPM). El disco de orificios utilizado en el molino fue de 2,5 mm de diámetro, que es el valor adecuado al tamaño de la boca del pez, facilitando el consumo del pellet. El producto obtenido de forma alargada fue recibido en bandejas plásticas previamente rotuladas y se distribuyeron uniformemente para facilitar su secado, el cual se realizó en un secador solar.

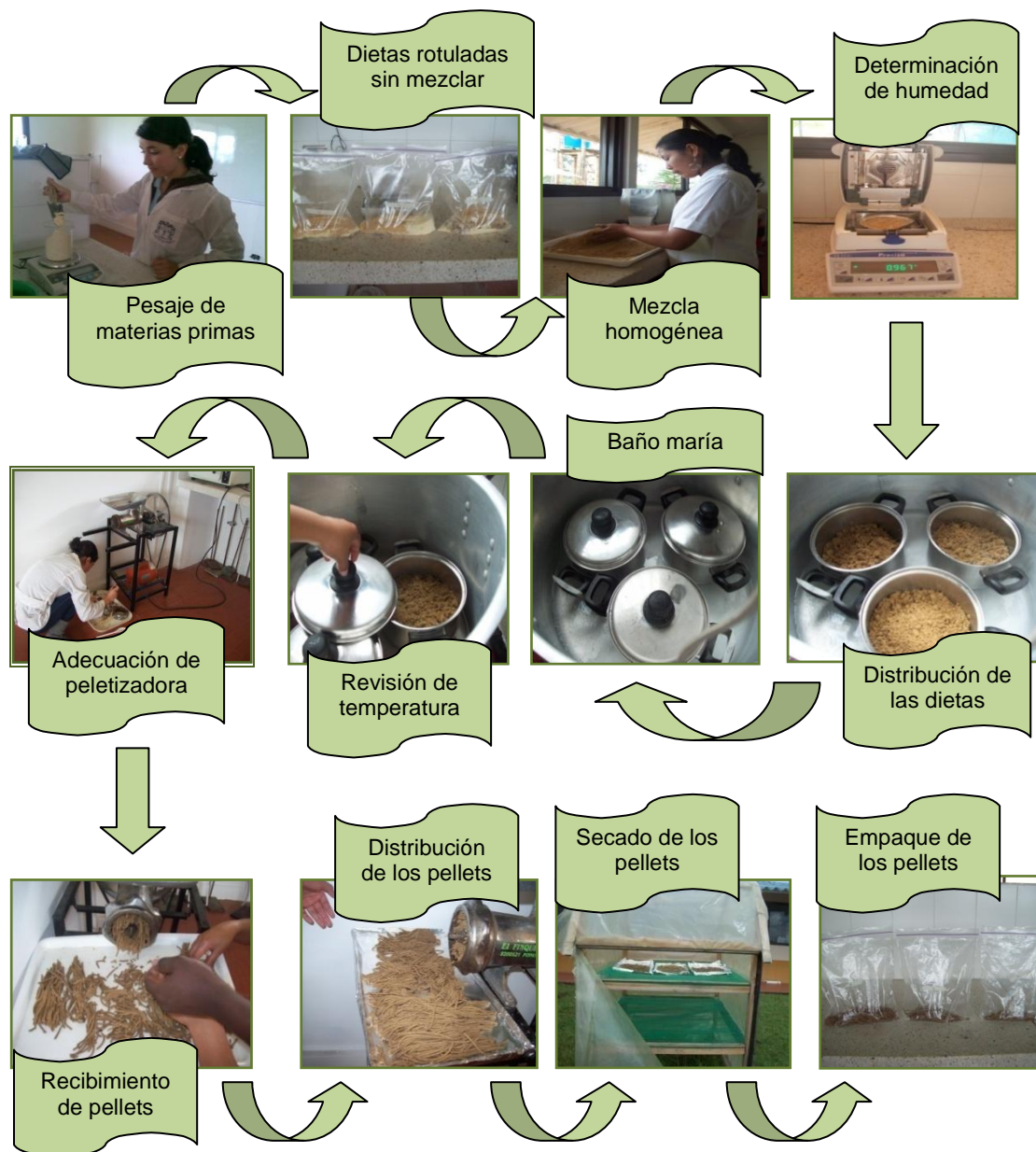
A medida que los pellets fueron secando, se les realizaron pruebas de humedad para determinar el porcentaje de agua contenido, hasta conseguir un rango entre el 10 - 13% que es lo recomendado para alimentación de tilapia. Posteriormente los pellets fueron sometidos a corte manual de 5 mm de largo por 2,5 mm de espesor, almacenados y rotulados en bolsas plásticas con sello hermético para evitar algún tipo de alteración y contaminación.

El protocolo mencionado anteriormente fue el mismo tanto para las dietas de acostumbamiento como para la experimentales, teniendo en cuenta que a estas últimas se les incorporó el óxido crómico (Cr_2O_3), a razón del 1% del total de cada dieta.

En la figura 10 se presenta el procedimiento realizado para la elaboración de las dietas.

Para establecer el peso promedio de los pellets de cada tratamiento y determinar su desviación estándar; fue necesario tomar de cada muestra 50 pellets para ser pesados cada uno y realizar los respectivos cálculos. En el cuadro 3 se presentan los valores del peso promedio y desviación estándar de los pellets para cada tratamiento.

Figura 10. Proceso de elaboración de las dietas



Cuadro 3. Peso promedio y desviación estándar de los pellets para cada tratamiento

Tratamiento	Peso promedio en gr	Desviación estándar (S) en gr
T0	0,02938	$2,8 \times 10^{-3}$
T1	0,03186	$2,9 \times 10^{-3}$
T2	0,02947	$2,3 \times 10^{-3}$

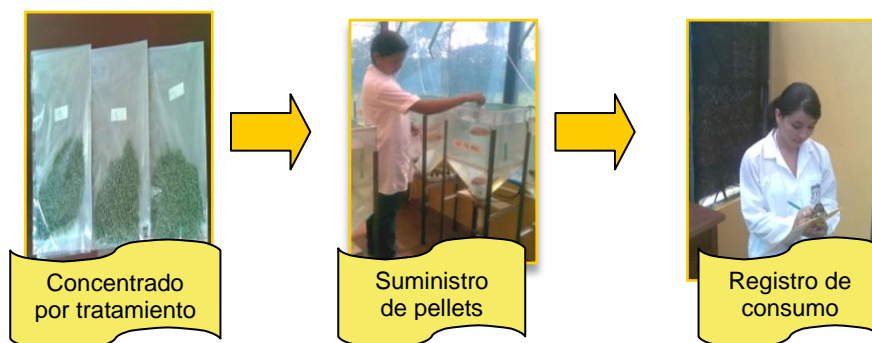
3.7 ALIMENTACIÓN

Los animales fueron alimentados con cada uno de los tratamientos según la asignación realizada en las jaulas metabólicas. El ensayo tuvo una duración de 42 días, durante los cuales los peces recibieron dos comidas diarias, distribuidas en la mañana y en la tarde. Cada unidad experimental fue alimentada con su respectiva dieta grano a grano con duración de 1 hora, pasando tres veces por réplica para garantizar que los peces consumieran la mayor cantidad de pellets. La cantidad de alimento consumido se registró diariamente, y se cuantificó el consumo total en gramos durante todo el ensayo (Ver anexo A).

Después de cada alimentación se procedía a abrir la llave del tubo de decantación de las jaulas, con el fin de eliminar del sistema el alimento no consumido o residuos que pudieran mezclarse con las futuras heces producidas por los peces.

A continuación en la figura 11 se ilustra la alimentación de los peces.

Figura 11. Alimentación de los peces

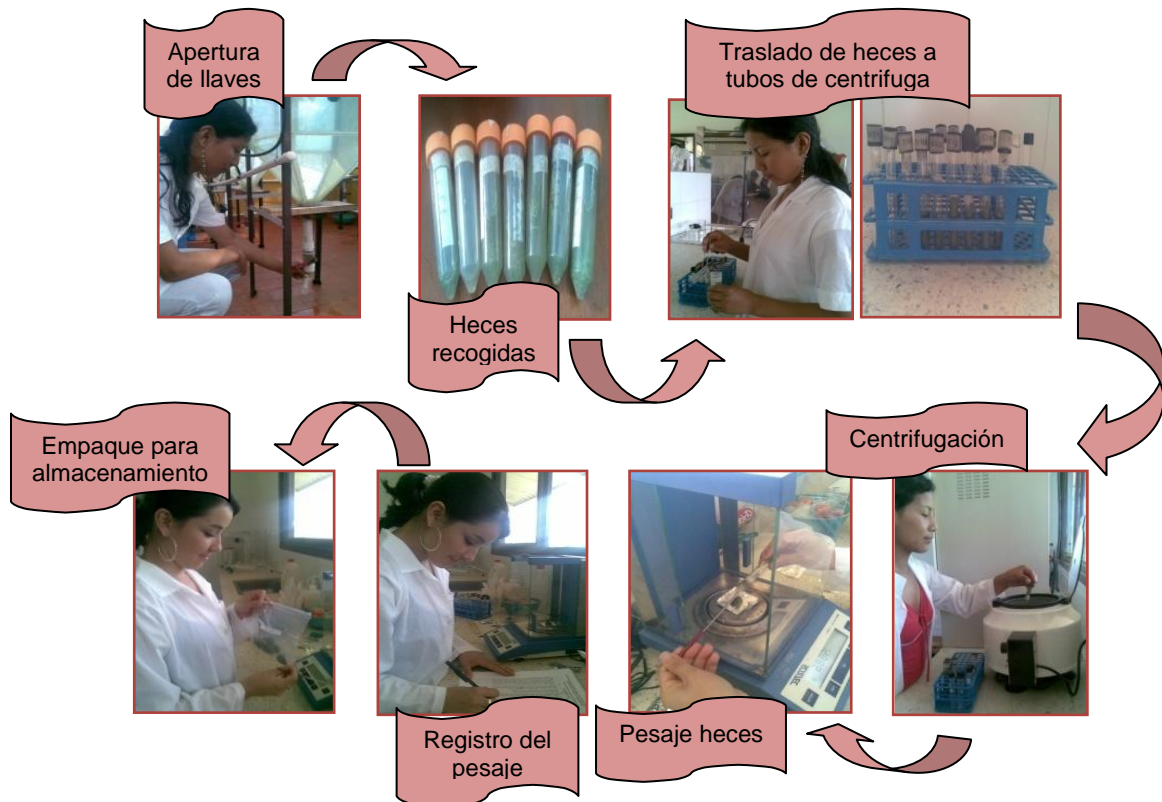


3.8 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE HECES

La recolección de heces se realizó diariamente en la mañana, antes de la alimentación de las 9:00 am. Las heces decantadas en los tubos de ensayo fueron recolectadas mediante la apertura y cierre manual de llaves; posteriormente se trasladaron al laboratorio de Biotecnología, donde fueron decantadas en una centrífuga (Indulab, Ref.004.) por un periodo de 40 minutos a 5.000 rpm, con el objetivo de retirar el agua. Posteriormente se pesaron, retirándolas con una espátula de los tubos y colocándolas en papel aluminio sobre una balanza analítica SCALTEC, modelo SBA 32 con precisión de 0,0001gr.

Las heces húmedas se colocaron en bolsas plásticas Ziploc®, rotuladas y almacenadas en congelación a -18°C . Las cantidades de heces recolectadas durante el ensayo se presentan en el anexo B; la figura 12 muestra el diagrama de la recolección de heces.

Figura 12. Recolección de heces



3.9 MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL AGUA

Los parámetros fisicoquímicos del agua fueron analizados cada quince días una vez realizado el pesaje de los animales, mediante el método NANOCOLOR desarrollado para el Photometer PF-11, con el objetivo de mantener los rangos de temperatura, pH y oxígeno apropiados para el desarrollo de los peces, evitando alteraciones en el consumo de alimento y por ende problemas en el ensayo. Para mantener los niveles adecuados de temperatura del agua, ésta se midió por medio de un termómetro, inspeccionando diariamente los termostatos.

A continuación, en el cuadro 4, se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados.

Cuadro 4. 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

3.10 PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS DE EVALUACIÓN (PESO, TALLA Y CONVERSIÓN ALIMENTICIA)

Durante el bioensayo se realizaron cuatro biometrías a los peces, al inicio y cada 15 días; el primer pesaje se realizó una vez iniciado el suministro del alimento elaborado y marcado, para conocer el peso y la talla inicial (longitud total) de cada individuo.

La talla y el peso se midieron 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 que se registró utilizando una cámara fotográfica. La toma del peso se realizó mediante la utilización de una balanza eléctrica Ohaus sp serie Scout, con un campo de medición máximo de 6.000g⁷⁹. Para el pesaje se tomó cada uno de los peces de las jaulas con un salabre, dejándolo suspendido por espacio de 20 segundos con el fin de eliminar el exceso de agua del animal y no alterar el resultado arrojado por la balanza. En la figura 13, se presenta el procedimiento para la medición de talla y peso.

Las fórmulas utilizadas para calcular la talla, peso y conversión alimenticia se presentan a continuación:

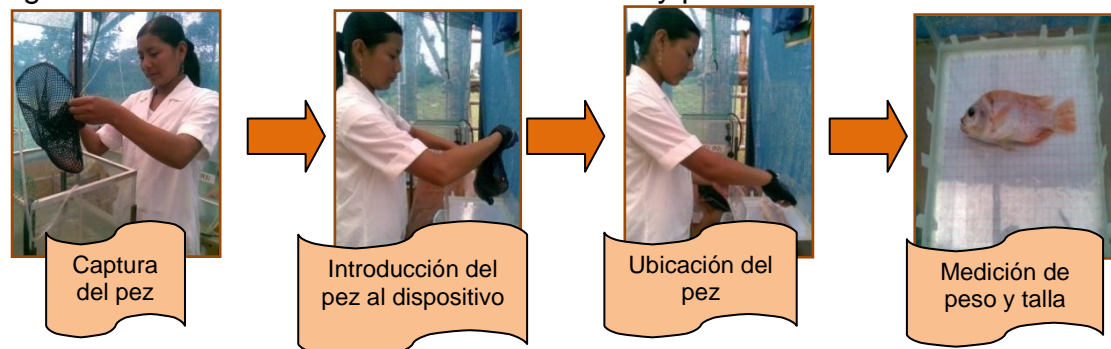
$$\text{Ganancia promedio de Peso (g)} = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Número de peces}}$$

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

⁷⁹PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Evaluación de ensilaje de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) incluyéndolos en un programa de aprovechamiento de residuos sólidos para la disminución de los costos de producción. Universidad del Cauca. Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca (CREPIC). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009

$$\text{Factor de Conversión del Alimento (FCR)} = \frac{\text{Promedio alimento consumido g/pez}}{\text{Biomasa promedio ganada gr/pez}}$$

Figura 13. Procedimiento de medición de talla y peso



3.11 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LAS DIETAS ESTUDIADAS Y DE LAS HECES RECOLECTADAS

Para los análisis se enviaron 100g de las tres muestras de concentrado al Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional Sede Palmira, y 100g de las nueve muestras de heces de cada tratamiento con su repetición, en bolsas herméticas rotuladas, al Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño.

Se realizaron análisis proximales (MS, EE, EB, FC, PC; Cen, y Humedad) y cuantificación de óxido crómico (Cr_2O_3) tanto de las dietas como de las heces, para determinar la digestibilidad total y aparente de cada uno de los nutrientes.

Para la determinación de los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{CDA}_{\text{total}} (\%) = \frac{(\text{Óxido crómico } (\text{Cr}_2\text{O}_3) \text{ en dieta} - \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en heces}) * 100}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ en dieta } (\%)}$$

$$\text{CDA}_{\text{nutrientes}} (\%) = \frac{(\text{Nutriente dieta} * \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta} - \text{Nutriente heces} * \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ heces}) * 100}{\text{Nutriente Dieta} * \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}$$

En el cuadro 6 de los resultados se presentan los análisis proximales de las dietas y de las muestras de las heces en los anexos C, D, y E.

3.12 DISEÑO EXPERIMENTAL

En el ensayo se manejaron tres tratamientos, cada uno con tres replicas. Para la evaluación, el método estadístico utilizado fue un diseño completamente al azar (DCA); para ello se asignaron nueve jaulas metabólicas, colocando en cada una de ellas cuatro peces. Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

T0= 100% Dieta de referencia (Dieta balanceada con materias primas convencionales).

T1= 90% Dieta de referencia más 10% de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado.

T2= 80% Dieta de referencia más 20% de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado.

3.13 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Las variables evaluadas fueron peso, talla, conversión alimenticia y la digestibilidad aparente total y de cada uno de los nutrientes (MS, PC, FC, Cenizas, EE y Energía) de las dietas suministradas. Cada variable se analizó mediante la aplicación de un análisis de varianza ($\alpha=0,05$) para determinar diferencias significativas entre los tratamientos. Se aplicó la prueba de promedios de Tukey ($p<0,05$).

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 ESTANDARIZACIÓN DE LAS DIETAS

De acuerdo a la formulación de las dietas y teniendo en cuenta los requerimientos de la Tilapia roja, se obtuvieron las proporciones de cada nutriente para las dietas experimentales como se puede apreciar en el cuadro 5.

Cuadro 5. Composición nutricional de las dietas experimentales en base seca para Tilapia roja en la fase de engorde

NUTRIENTES	TRATAMIENTOS		
	T0	T1	T2
Proteína Cruda (g)	23,82	24,15	23,94
EM Mcal/kg	3,17	3,36	3,35
LISINA	1,41	1,64	1,72
METIONINA	0,61	0,76	0,74
Calcio	1,15	1,21	1,30
Fósforo	0,517	0,71	0,80
Fibra	2,15	1,95	1,80

A continuación, en el cuadro 6, se citan los resultados del análisis proximal de cada una de las dietas:

Cuadro 6. Composición proximal de las dietas experimentales en base seca para Tilapia roja en la fase de engorde

PARÁMETRO	Unidad de medida	T0	T1	T2
		B.S	B.S	B.S
Humedad	g/100g	9,7	9,31	9,68
Materia seca	g/100g	90,3	90,69	90,32
Ceniza	g/100g	7,51	7,68	6,98
Extracto etéreo	g/100g	4,42	9,43	6,33
Fibra cruda	g/100g	2,73	2,82	3,17
Proteína	g/100g	24,33	23,75	22,46
Energía bruta	Kcal/100g	410	421	422
Óxido Crómico	g/100g	1,06	1,08	1,03
Observaciones: B.S= Base Seca				

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Nacional Sede Palmira. 2010

4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS ZOOTÉCNICOS

Los parámetros zootécnicos analizados son los siguientes:

4.2.1 Ganancia de peso. El incremento de la biomasa en los peces para cada uno de los tratamientos se dio de forma ascendente en cada uno de los días evaluados, observándose una mejor ganancia con el tratamiento 2.

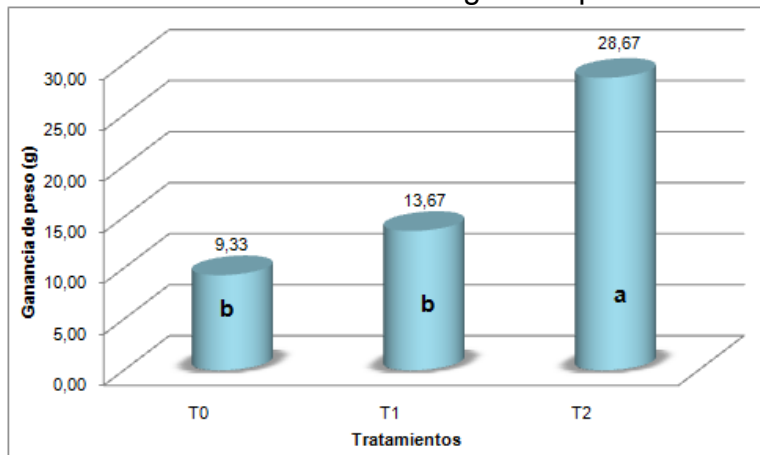
Por medio del análisis de varianza (ANAVA), se puede observar que se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos evaluados con inclusión de ensilaje de vísceras. Los datos obtenidos se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Datos ANAVA para ganancia de peso

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	59,39	---	---	---
Tratamiento	2	44,28	22,14	8,79	5,14
Error	6	15,11	2,52	---	---

Al realizar la prueba de promedios ($\alpha = 0,05$), por el método de Tukey se observó que el tratamiento T2 asignado con la letra **a** presenta un mejor comportamiento para ganancia de peso que los otros tratamientos. En orden de respuesta le siguen el T1 y T0 respectivamente, los cuales no presentaron diferencias significativas entre ellos. Los resultados se observan en la figura 14.

Figura 14. Representación de la biomasa total ganada por tratamiento



4.2.2 Ganancia de talla. Los datos correspondientes a ganancia de talla mostraron un incremento ascendente en cada uno de los días evaluados.

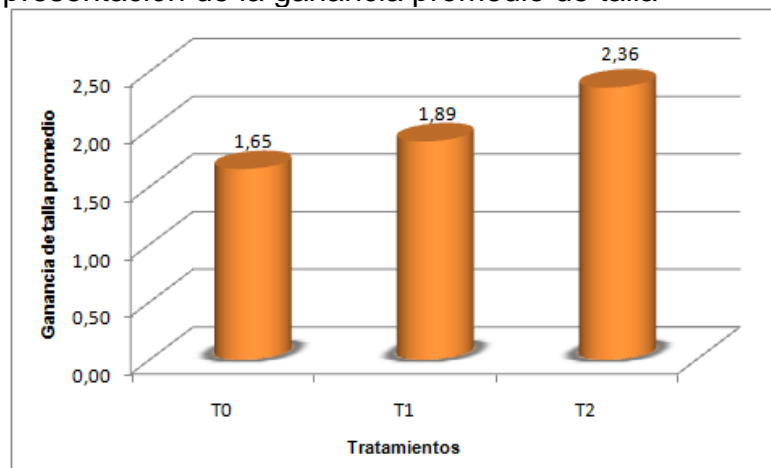
Mediante el análisis de varianza (ANAVA), los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la variable ganancia de talla. Los datos de ANAVA se citan a continuación en el cuadro 8.

Cuadro 8. Datos ANAVA para ganancia de talla

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	0,28	---	---	---
Tratamiento	2	0,11	0,06	1,99	5,14
Error	6	0,17	0,03	---	---

Aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se observó que T2 generó una mejor ganancia promedio de talla con 2,36 cm, comparada con los demás, según se muestra en la figura 15. En orden de respuesta le siguen T1 con 1,89 cm y T0 con 1,65 cm.

Figura 15. Representación de la ganancia promedio de talla



Como se puede apreciar, los mejores resultados para ganancia de peso y talla se lograron con el tratamiento T2; esto se debe a que el ensilaje biológico de residuos de pescado proporciona ácidos grasos de cadenas largas, principalmente los poli

insaturados⁸⁰, y altos valores de proteína de óptima calidad y digestibilidad, cuya buena utilización y eficiencia se debe al buen perfil de los aminoácidos y a su formación de configuración L (Levógiros), los cuales los hacen más absorbibles⁸¹, además de aportar algunas sustancias estimulantes del crecimiento⁸², características que permiten que el ensilaje de vísceras sea una excelente fuente alimenticia en la alimentación de peces, cubriendo los requerimientos nutricionales y logrando mejoras en las ganancias de peso y talla.

Los resultados obtenidos en esta investigación verifica el efecto nutricional del ensilado, debido a que la dieta que mejor comportamiento presentó para ganancia de peso y talla fue T2 (80% Dieta de referencia más 20% de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado), seguida de T1 (90% Dieta de referencia más 10% de inclusión de ensilaje biológico) y finalmente T0 (100% Dieta de referencia).

Resultados similares se han obtenido en estudios realizados al incluir el ensilado de vísceras de pescado de río como fuente de proteína, para sustituir total o parcialmente la harina de pescado en el engorde final de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*); sin encontrar diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0,05$) para la variable ganancia de peso⁸³.

En estudios realizados con ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) con niveles de inclusión del 0%, 10% 20% y 30%; se encontró que los valores más altos para las variables ganancia de peso y talla se lograron con T2 y T3⁸⁴. Así mismo al evaluar el crecimiento de alevines de Tambaqui (*Colossoma macroponum*), mostraron que las dietas con inclusión del ensilaje presentaron un aumento progresivo del tamaño⁸⁵. Evaluaciones adicionales reportan que la Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con ensilaje ácido de los residuos de tilapia (0, 10, 20, 30 y 40%), presentaban un incremento de longitud de forma lineal⁸⁶.

⁸⁰ LLANES, José.; TOLEDO, José. Evaluación de los desechos frescos de pescado y ensilados como única fuente de proteína animal en la alimentación de híbrido de Clarias (*Clarias gariepinus* x *C. macrocephalus*). 2006. Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Habana (Cuba). p.25.

⁸¹ MATTOS C, Jessika.; CHAUCA F, Lilia.; H, Felipe San Martín.; 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

⁸² LLANES I, José.; TOLEDO P, José.; LAZO DE LA VEGA, José. Producción de alimento húmedo a partir de ensilado de pescado para alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). Universidad de Zaragoza. España. 2006

⁸³ WICKI, Gustavo.; WILTCHIENSKY, Edgardo.; LUCHINI, Laura. Ensilados de vísceras de pescado de río como fuente de proteína y formulas alimentarias a base de harina de soja, o de algodón, o de pluma; como sustituto total o parcial de la harina de pescado en el engorde final de Pacú, en el noreste argentino. Dirección de Acuicultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA). Argentina. 2002

⁸⁴ PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit., p.34

⁸⁵ MORAES, et al., 2006. Op.cit., p.34

⁸⁶ Ibid.,p.3

Por otro lado en alevines de Tilapia del nilo, reportan que la inclusión del 30%, 20% y 10% presentaron valores más altos para talla, que los de 40 y 0%⁸⁷.

4.2.3 Conversión alimenticia. Mediante un análisis de varianza, se observó que los tratamientos asignados presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la variable conversión alimenticia. Los datos obtenidos se citan en el cuadro 9.

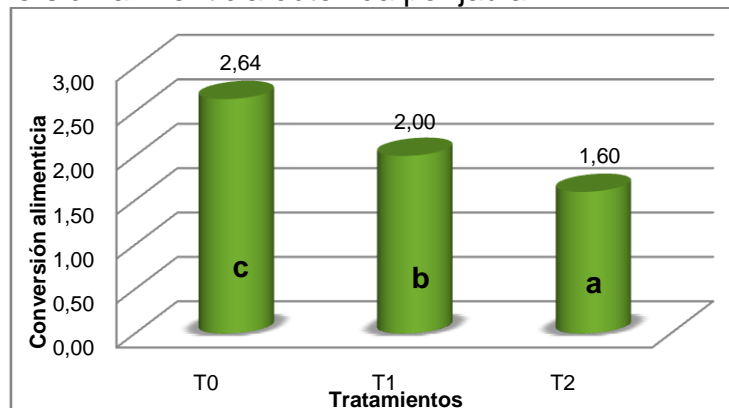
Cuadro 9. Datos ANAVA para Conversión alimenticia

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	12,85	--	--	--
Tratamiento	2	11,39	3,80	20,83	5,14
Error	6	1,46	0,18	--	--

Al realizar la prueba de promedios ($\alpha = 0,05$), por medio de la prueba de Tukey, se deduce que el mejor tratamiento para conversión alimenticia es el T2 asignado por la letra **a**. En orden de respuestas, el tratamiento T1 asignado con la letra **b** y por último T0 con el valor más alto y asignado con la letra **c**. Hay que tener en cuenta que para conversión alimenticia los valores menores son más favorables desde el punto de vista productivo.

El tratamiento T2 con 1,60 de conversión alimenticia, fue el mejor tratamiento comparado con T1 con 2,00 y T0 con 2,64. En la figura 16 se presentan los valores para cada uno de los tratamientos.

Figura 16. Conversión alimenticia obtenida por jaula



⁸⁷ Ibid., p.3

En los reportes se ha encontrado que con la inclusión de ensilado de vísceras de pescado en dietas, el parámetro conversión alimenticia presenta valores eficientes, debido a que su energía es aportada a través de los ácidos grasos que son metabólicamente más eficientes al ser utilizados⁸⁸; además la alta digestibilidad (>80%) de la proteína presente en los ensilados de pescado sugieren que éstos pueden ser una fuente de proteína, siendo una alternativa viable en la producción de alimentos acuícolas. Esto respalda lo planteado en trabajos que refieren dietas con ensilaje de pescado con muy buena aceptación y con las cuales se obtuvieron buenos crecimientos y conversiones alimentarias en *Oreochromis niloticus*, *Clarias batrachus*, *Clarias macrocephalus* y *Clarias gariepinus*⁸⁹.

Los resultados obtenidos en este estudio verifican la ventaja de incluir ensilaje biológico, debido a que el valor de conversión alimenticia fue mejor para el tratamiento T2 (1,60), seguido de T1 (2,00), y en su orden T0 (2,64); lo cual presentó similar comportamiento a los alevines de Cachama negra (*Colossoma macropomum*), a los que se les suministraba una ración hecha con ensilado biológico de pescado (T1), y una ración patrón (T2); obteniendo mejor valor para la dieta que presentaba inclusión de ensilaje (T1) con 1,81, que la dieta que no presentaba inclusión de ensilaje (T2) con 2,01⁹⁰.

De igual forma se ha demostrado que el uso de ensilaje de vísceras de pescado en alimentación de especies menores, mejoran la conversión alimenticia para las dietas en las cuales su porcentaje de inclusión aumenta⁹¹.

4.3 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PARA DETERMINACIÓN DE COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD APARENTE TOTAL Y DE LOS NUTRIENTES

Para el cálculo de digestibilidad se determinó el coeficiente de digestibilidad aparente total y de los nutrientes como se muestra a continuación.

4.3.1 Digestibilidad aparente total (DAT). El análisis de varianza, arrojó que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Los datos de ANAVA se citan a continuación en el cuadro 10.

⁸⁸MATTOS, *et al.*, 2003. Op.cit., p.55

⁸⁹LLANES, *et al.*, 2007.Op.cit., p.34

⁹⁰LESSI, Edson. Ensilaje de pescado en Brasil para la alimentación animal. Tratamiento y utilización de los residuos de origen animal, pesquero y alimentario en la alimentación animal. Memorias del Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO. Habana, Cuba.1994

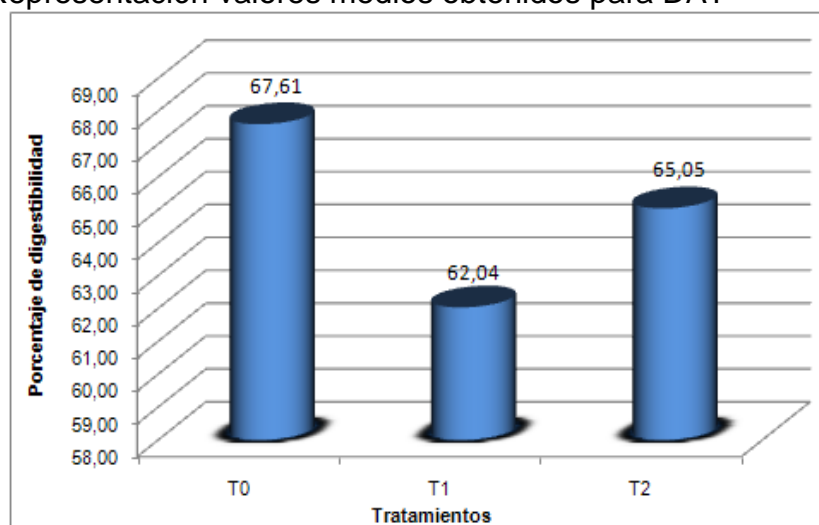
⁹¹MATTOS, *et al.*, 2003. Op.cit., p.55

Cuadro 10. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente total

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	100,53	--	--	--
Tratamiento	2	46,69	23,34	2,60	5,14
Error	6	53,84	8,97	--	--

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, se observó que el tratamiento, T0 con 67,61% presentó una DAT ligeramente superior a los demás tratamientos, seguido de T2 con 65,05%, y en el último lugar T1 con 62,04%, según se muestra en la figura 17.

Figura 17. Representación valores medios obtenidos para DAT



El ensilado biológico de vísceras de pescado es un insumo con buenas cualidades nutritivas, que además posee un alto coeficiente de digestibilidad; esto se debe a que en el proceso de obtención, sus componentes no son afectados por el calor, resultando de gran utilidad en alimentación animal⁹². Además, una de las ventajas del ensilado de pescado es que es un elemento proteico transformado en aminoácidos que se mantiene en su totalidad, lo que no sucede con la harina de pescado, que al no aplicársele procedimientos de recuperación, pierde todas las

⁹²RUANO BALSINDE, Mayra del Pilar.; CASTRO FRAGA, Ileana.; LÓPEZ GALINDO, José. Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el Camarón de cultivo (*Litopenaeus schmitti*). Centro de Investigaciones Pesqueras. Cuba. 2003

proteínas hidrosolubles; debido a esto la digestibilidad del ensilaje es favorecido frente a la harina⁹³.

Los resultados conseguidos para digestibilidad aparente total de la dieta con 0% de inclusión de ensilaje de vísceras de pescado alcanzados en el presente estudio (67,61%), es superior al obtenido con ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) con inclusión del 0% (T0), 10% (T1), 20% (T2) y 30% (T3), los cuales no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para DAT, reportando valores de digestibilidad en orden de respuestas T1 con 66,69%, T0 con 66,40%, seguido de T2 con 58,49% y por último T3 con 57,55%⁹⁴.

Debido a que no hay más registros en la literatura de DAT de ensilaje de vísceras de pescado, se realizó la comparación de los tratamientos con inclusión de ensilaje frente al testigo, encontrando que los valores de digestibilidad son similares, lo que permite resaltar que la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en las dietas no afectan la digestibilidad aparente total.

4.3.2 Digestibilidad aparente de los nutrientes. A continuación se presenta la digestibilidad aparente para cada uno de los nutrientes:

4.3.2.1 Digestibilidad aparente de Materia seca (DAMS). Mediante el análisis de varianza (ANAVA), los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Los datos de ANAVA se citan a continuación en el cuadro 11.

Cuadro 11. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Materia seca

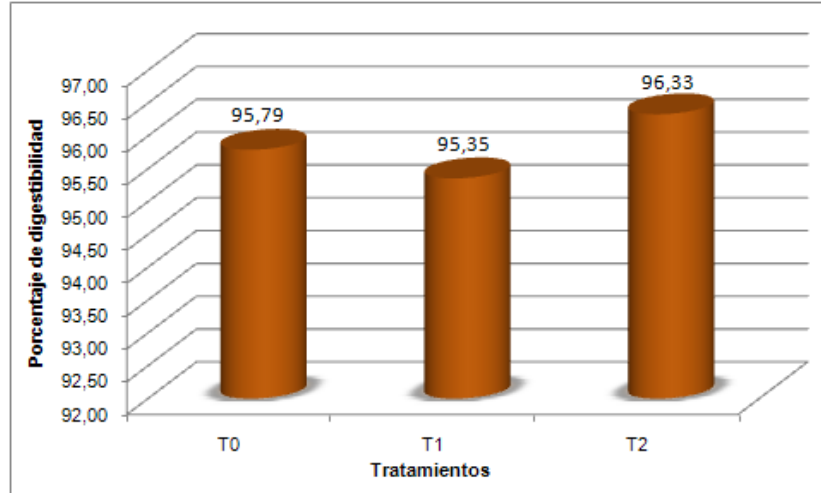
Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	5,60	--	--	--
Tratamiento	2	1,44	0,72	1,04	5,14
Error	6	4,16	0,69	--	--

A pesar de que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, según figura 18, el tratamiento T2 presentó una DAMS superior a los demás tratamientos, seguido de T0, y en el último lugar T1.

⁹³BERTULLO H, Victor.; HETTICH PEREZ, Fernando. El ensilado de pescado un nuevo alimento en el Uruguay. Departamento de investigaciones pesqueras y biología marina. [Consultado 5 octubre 2010]. Disponible en: <http://www.oceandocs.org/bitstream/1834/3212/1/1956_6_4_p141-150.pdf>

⁹⁴PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit., p.34

Figura 18. Representación valores medios obtenidos para DAMS



Los resultados obtenidos de la digestibilidad aparente para la materia seca en el presente estudio con ensilaje biológico de vísceras de pescado, fueron inferiores a los reportados en Tilapia roja con ensilado de residuos agroindustriales de pescado (98,49%)⁹⁵, superiores a Pezzato, *et al.*, 1988 (94,49%)⁹⁶, y similares a los obtenidos en alevinos de Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) (95,49%)⁹⁷ y Tilapia roja (*Oreochromis spp*), arrojando este ultimo valores entre 94.64% y 96,26%⁹⁸ con ensilaje de residuos de pescado.

4.3.2.2 Digestibilidad aparente de Ceniza (DACE). Por medio del análisis de varianza (ANAVA), se verificó que entre los tratamientos no se presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Los datos obtenidos se citan en el cuadro 12.

Cuadro 12. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Ceniza

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	24,93	--	--	--
Tratamiento	2	1,78	0,89	0,23	5,14
Error	6	23,15	3,86	--	--

⁹⁵MORAES DE OLIVEIRA, Marinez, *et al.* Coeficiente de digestibilidad aparente y energía digestible de algunos residuos agroindustriales en alimentación de Tilapia. Revista Eletronica Nutritime, v.5. 2008

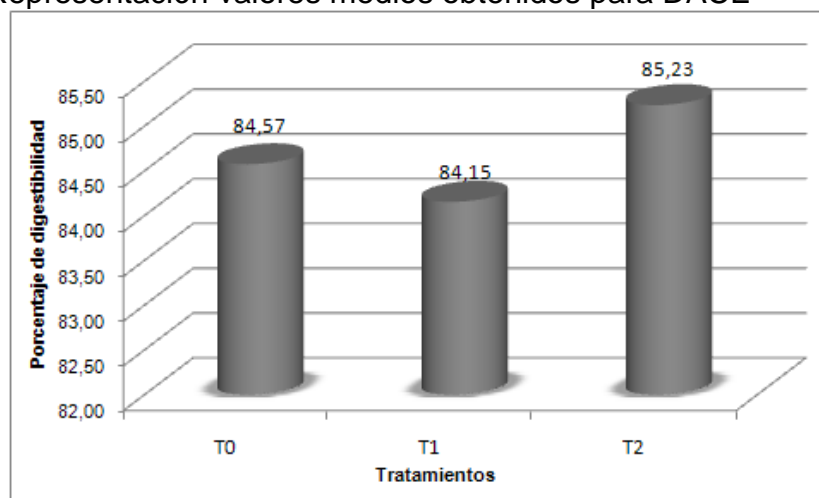
⁹⁶PEZZATO, Luis Edivaldo.; PEZZATO, A.C.; SILVEIRA, A.C.; et al. Digestibilidade aparente de fontes protéicas pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASIEIRO DE AQUICULTURA. Florianópolis.1988

⁹⁷MORAES, *et al.*, 2006. Op.cit., p.34

⁹⁸PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit., p.34

Aunque estadísticamente no se encontraron diferencias, el tratamiento T2 se destacó por obtener una mejor DACE comparado con los demás, según figura 19. En orden de respuesta T0, y por último T1.

Figura 19. Representación valores medios obtenidos para DACE



El ensilado de pescado es un insumo que se caracteriza por tener altos niveles de minerales, por lo tanto es una buena fuente de estos nutrientes⁹⁹, encontrando así valores de digestibilidad mayores al 80% para las cenizas.

Los valores de digestibilidad aparente para cenizas encontrados en este estudio con ensilaje biológico de vísceras de pescado, son relativamente más altos a los obtenidos en Tilapia roja (*Oreochromis spp*) con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado de 0, 10, 20 y 30%, encontrándose valores entre 80,54% y 85,07%¹⁰⁰. Evaluaciones adicionales reportan valores superiores en Tilapia del nilo del 30.13% alimentadas con harinas de pescado obtenidas de los residuos del fileteado de la Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), de la corvina (*Plagioscion squamosissimus*), y la harina integral de camarón canela (*Macrobrachium amazonicum*)¹⁰¹.

⁹⁹MORAES DE OLIVEIRA, Marinez, *et al.* Silagem de resíduos da filetagem de Tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico análise Bromatológica, físico-química e microbiológica. Revista Brasileira de Zootecnia. Brasil. vol.30 no.6 Lavras Nov./Dec. 2006

¹⁰⁰PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit ., p.34

¹⁰¹BOSCOLO, Wilson Rogério. *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

Lo anterior permite inferir que el ensilaje biológico de vísceras de pescado es una fuente alimenticia para alimentación animal ya que existe realmente una alta digestibilidad de este nutriente.

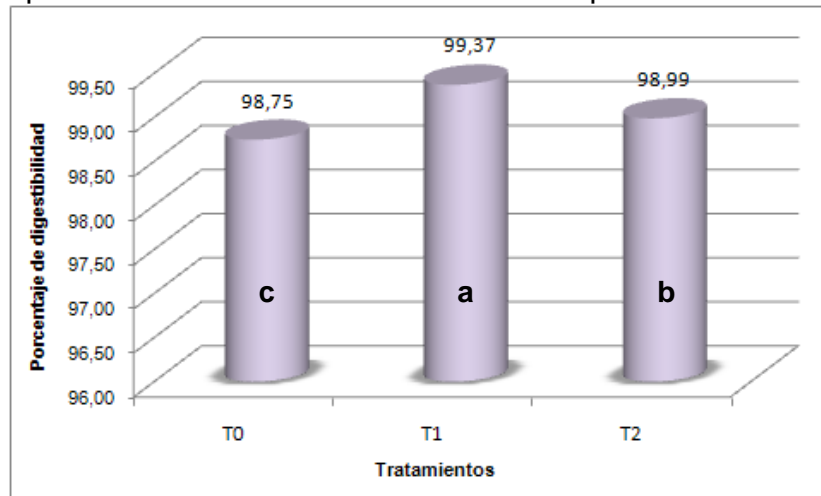
4.3.2.3 Digestibilidad aparente de Extracto etéreo (DAEE). El análisis de la varianza para valores de extracto etéreo presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, de acuerdo al porcentaje de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado. Los datos obtenidos se citan el cuadro 13.

Cuadro 13. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Extracto etéreo

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	0,75	--	--	--
Tratamiento	2	0,59	0,30	11,42	5,14
Error	6	0,16	0,03	--	--

Al realizar la prueba de promedios ($\alpha = 0,05$), por medio de la prueba de Tukey, se deduce que el mejor tratamiento es el T1 asignado por la letra **a**, en orden de respuestas el tratamiento T2 asignado con la letra **b** y por ultimo T0 asignado por la letra **c**, como se observa en la figura 20.

Figura 20. Representación valores medios obtenidos para DAEE



De la figura 20, se puede resaltar que el tratamiento T1 con 99,37% obtuvo una DAEE significativamente mejor que los demás; T2 con 98,99% y T0 con 98,75%, los cuales también presentaron diferencias significativas entre ellos.

La composición del ensilado va a depender de la especie de pescado, época de captura y tipo de residuos utilizados para su elaboración¹⁰². La Tilapia se caracteriza por presentar una limitada capacidad de incorporación de grasa en los filetes; por lo tanto, el exceso de grasa o de energía de las raciones es convertido en grasa visceral¹⁰³. Al utilizar estos órganos en la elaboración del ensilado, permite obtener un producto con alto contenido de lípidos, sin embargo se debe tener en cuenta que la cantidad de ellos incluidos en una dieta está determinada por la cantidad de lípidos/ácidos grasos de otros ingredientes dietarios; es importante la calidad de los lípidos pues reflejan la calidad del alimento y sus concentraciones, encontrando que la mayoría de alimentos comerciales tienen menos del 8% de la dieta, ya que concentraciones mayores pueden resultar en pobre aglutinación y reducir la hidroestabilidad del alimento¹⁰⁴.

Los resultados conseguidos para digestibilidad aparente de extracto etéreo en este estudio con ensilaje biológico de vísceras de pescado son similares a los obtenidos en Tilapia con 99,13%¹⁰⁵, alimentados con ensilados de residuos agroindustriales de pescado y superiores en alevinos de Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) con dietas que contenían diferentes niveles de inclusión de ensilaje ácido de pescado, encontrando valores de 97,18%¹⁰⁶. Así mismo en renacuajos de Rana-toro (*Rana catesbeiana*) alimentadas con ensilaje ácido de residuos del fileteado de Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), registrando valores de 99,25%¹⁰⁷.

Comparado con la harina de pescado los resultados también fueron superiores a los registrados por Pezzato, *et al.*, 1988, con 96,39%; como lo registra los tratamientos con inclusión del ensilaje, T1 con 99,37% y en su orden T2 con 98,99%; permitiendo inferir que la especie estudiada puede tener una mejor utilización del ensilaje de vísceras de pescado, en comparación con la harina de pescado.

¹⁰² RUANO BALSINDE. 2003. Op.cit 1., p. 58

¹⁰³ KUBITZA, F. Calidad de pescado. Panorama da Aqüicultura, Brasil. 1999 [Consultado 5 de Octubre 2010]. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/43-Calidad_Pescado.pdf>

¹⁰⁴ FOX, Joe. *et al.*, Nutricion y manejo del alimento. Universidad de Texas. p. 69. [Consultado 5 de Octubre 2010]. Disponible en: <http://pacrc.uhh.hawaii.edu/mexico/files/manual/es_04_shrimp_farming_methods.pdf>

¹⁰⁵ MORAES, *et al.*, 2008. Op.cit ., p. 60

¹⁰⁶ MORAES, *et al.*, 2006. Op.cit ., p.34

¹⁰⁷ MORAES DE OLIVEIRA, Marinez, *et al.*, De ensilado ácido de los residuos de fileteado de tilapia a los renacuajos, Ranas toro (*Rana catesbeiana*), la digestibilidad y el rendimiento. Zootecnia e Medicina Veterinaria. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brazil. 2005

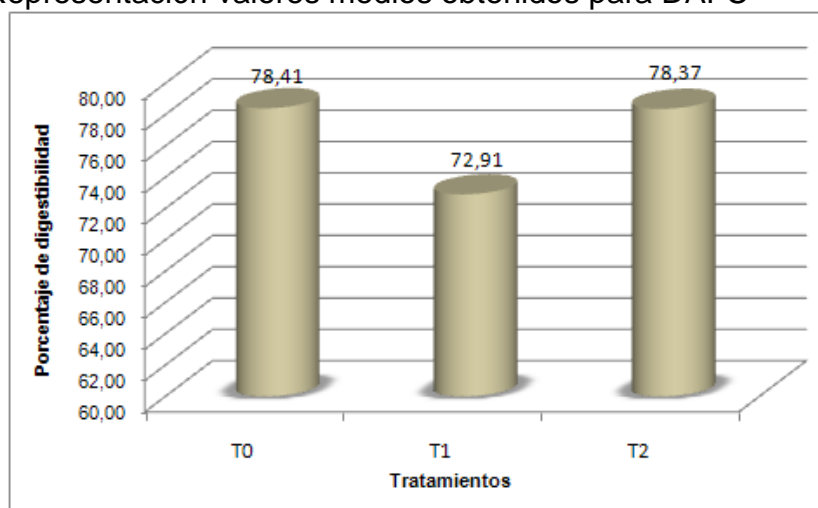
4.3.2.4 Digestibilidad aparente de Fibra cruda (DAFC). El análisis de varianza, determinó que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la digestibilidad aparente de la fibra cruda (DAFC). Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Fibra cruda

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	344,07	--	--	--
Tratamiento	2	60,08	30,04	0,63	5,14
Error	6	283,99	47,33	--	--

De acuerdo con la figura 21, el tratamiento T0 con un 78,41% presentó una DAFC levemente mejor a los demás tratamientos, seguido de T2 con 78,37%, y en el último lugar T1 con 72,91%.

Figura 21. Representación valores medios obtenidos para DAFC



Los valores de digestibilidad aparente para fibra cruda en este estudio con ensilaje biológico de vísceras de pescado son inferiores a lo reportado por Perea y Garcés, 2010, en una evaluación realizada en Tilapia roja (*Oreochromis spp*) mediante la inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado, reportando que el tratamiento con 0% (93,03%) de inclusión, presentó un mayor porcentaje de DAFC, seguida de la del 10% con 89,64%, 30% con 86,48% y 20% con 86,48%¹⁰⁸.

¹⁰⁸ PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit., p.34

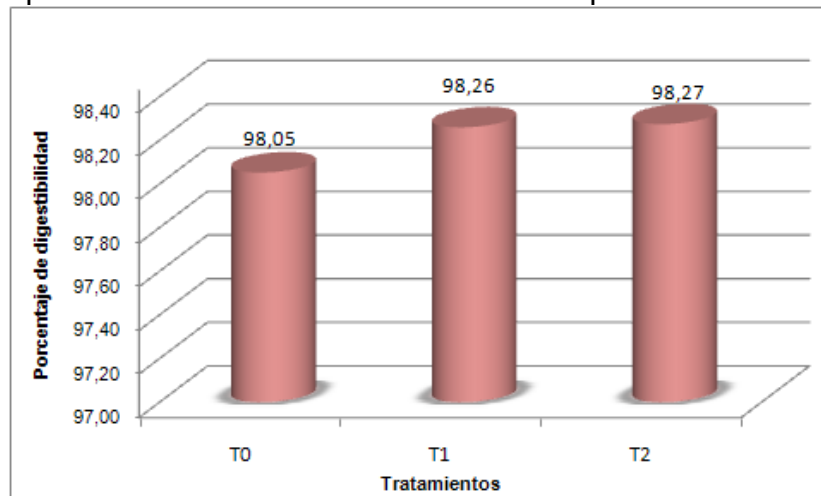
Debido a la falta de estudios acerca de la digestibilidad aparente de fibra cruda en ensilaje de vísceras, no se profundiza en el análisis.

4.3.2.5 Digestibilidad aparente de Proteína cruda (DAPC). El análisis de varianza resalta que los tratamientos evaluados no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la digestibilidad aparente de la proteína cruda. Los datos de ANAVA se presentan en el cuadro 15.

Cuadro 15. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Proteína cruda

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	0,27	--	--	--
Tratamiento	2	0,09	0,05	1,57	5,14
Error	6	0,18	0,03	--	--

Figura 22. Representación valores medios obtenidos para DAPC



Según la figura 22, se puede deducir que los tratamientos que incluían ensilaje biológico de vísceras de pescado presentaron una DAPC más alta que el tratamiento con 0% de inclusión de ensilaje. La digestibilidad más alta se encontró en T2 con 98,27%, seguida de T1 con 98,26% y la digestibilidad más baja la obtuvo T0 con 98,05%.

Resulta interesante la respuesta lograda en esta etapa al incluir una fuente proteica como el ensilaje de vísceras de pescado, pues tiende a indicar un buen balance de aminoácidos en el ensilaje; la solubilidad de la proteína se debe a la

acción de las proteasas endógenas presentes en el tejido de los peces¹⁰⁹. Es necesario considerar la calidad de las proteínas, el contenido de energía y la digestibilidad de los nutrientes, dado que al incluir ensilaje de pescado en las raciones para tilapia se garantiza que los animales 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 proteína¹¹⁰. Es de destacar que el uso de altas temperaturas durante el proceso de fabricación de harina de pescado, potencialmente provoca la desnaturalización de los aminoácidos; mientras la producción de ensilaje no causa la pérdida inmediata de los aminoácidos, ya que no implica temperaturas excesivas¹¹¹.

Los resultados obtenidos para la digestibilidad aparente de la proteína en el presente estudio con ensilaje biológico de vísceras de pescado, fueron superiores a los obtenidos en alevinos de Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) mediante la inclusión de ensilaje ácido de pescado encontrando valores para proteína cruda de 96,66%¹¹² y Pezzato, *et al.*, 1988, con 96,17%. Valores inferiores fueron reportados en Tilapia roja (*Oreochromis spp*) con inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado que oscilaron entre 97,43% y 96,18%¹¹³.

Este resultado es satisfactorio, ya que se acercó a la digestibilidad aparente de proteína cruda de los alimentos, que se utiliza como fuente de proteínas para alimentación piscícola.

4.3.2.6 Digestibilidad aparente de Energía bruta (DAEB). El análisis de varianza permitió determinar que los tratamientos asignados no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Los resultados obtenidos de ANAVA se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 16. Datos ANAVA para Digestibilidad aparente de Energía bruta

Fuente de Variación	gL	SC	CM	FC	FT
Total	8	1,04	--	--	--
Tratamiento	2	0,05	0,03	0,16	5,14
Error	6	0,99	0,17	--	--

¹⁰⁹MORAES, *et al.*, 2006. Op.cit., p.34

¹¹⁰LLANES I, José, *et al.*, 2006. Op.cit., p. 55

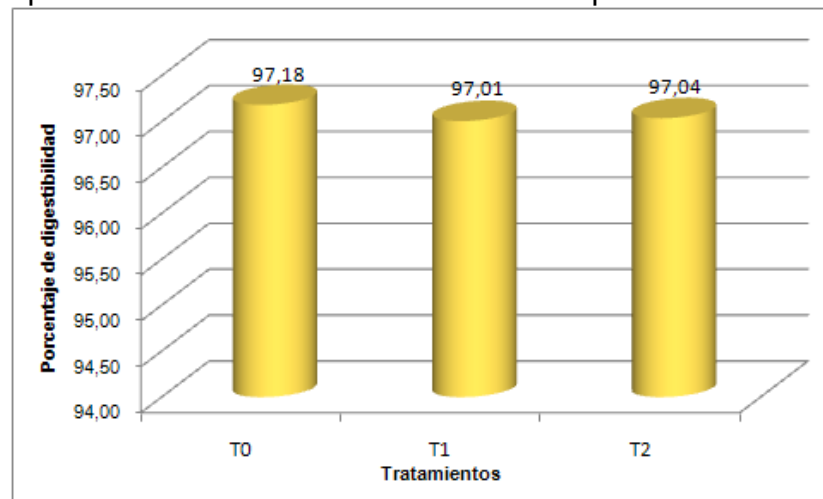
¹¹¹ARRUDA FERRAZ, Lia, *et al.*, Nutritional aspects of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. Revista Brasileira de Zootecnia. Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.26 no.4 Campinas. Oct./Dec. 2006

¹¹²MORAES, *et al.*, 2006. Op.cit., p.61

¹¹³PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit., p.34

Aunque no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, se observó que el tratamiento T0 con 97,18% presentó una DAEB ligeramente superior a los demás tratamientos, seguido de T2 con 97,04%, y en el último lugar T1 con 97,01%, según lo muestra la figura 23.

Figura 23. Representación valores medios obtenidos para DAEB



La Digestibilidad aparente de la energía en los alimentos depende de la habilidad de los peces de digerir y absorber, además de su contenido de lípidos, proteínas e hidratos de carbono elementos presentes en el ensilaje¹¹⁴. Sin embargo, los lípidos son fuentes de energía inmediata y ácidos grasos esenciales para mayoría de las especies de peces. Esto puede estar relacionado con el hecho de que la tilapia hace un mejor uso de los lípidos que de los carbohidratos como fuente de energía¹¹⁵, y que en dietas a base de ensilado de pescado la energía es aportada a través de los ácidos grasos que son metabólicamente más eficientes al ser utilizados¹¹⁶. La energía del ensilaje es utilizada más eficientemente que aquella que proviene de una fuente vegetal; además una mayor proporción de la EM del ensilaje es mejor aprovechada por los ácidos grasos, comparada con las de algunos vegetales que aportan la energía en fracciones de de carbohidratos¹¹⁷. Por esta razón el ensilaje es una buena opción de alimento.

¹¹⁴BOSCOLO, *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

¹¹⁵ABIMORAD GIANINI, Eduardo, *et al.*, Silagem de peixe em ração artesanal para Tilápia do nilo. Revista Brasileira de Zootecnia. Brasil. 2009

¹¹⁶MATTOS, *et al.*, 2003. Op. cit., p.55

¹¹⁷BARLOCOO N, Avdalov, *et al.*, Evaluación del ensilaje biológico de pescado en la alimentación de cerdos en engorde. Instituto nacional de pesca. Uruguay. [Consultado 7 octubre 2010]. Disponible en: <http://www.gipescado.com.br/arquivos/ensilado_navdalov.pdf>

Los resultados obtenidos de digestibilidad aparente para energía bruta en el presente estudio con ensilaje biológico de vísceras de pescado, fueron superiores a los citados por Moraes, *et al.*, con ensilaje ácido de residuos de pescado tanto en Tilapia del nilo con el 95,44%¹¹⁸, como en las Ranas toro con el 95,75%¹¹⁹. Así mismo se reportaron en alevinos de Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) con harina de los filetes de tilapia reportando valores de 84,74%¹²⁰.

En cuanto a los valores registrados por Perea y Garcés, 2010 en Tilapia roja (*Oreochromis spp*) con ensilaje biológico de residuos de pescado, estos fueron similares a los obtenidos en este estudio, con inclusión del 0, 10, 20 y 30% encontrando que el tratamiento con 0% (97,35%) de inclusión de ensilaje biológico de residuos de pescado, presentó un mayor porcentaje de DAEB, en orden de respuesta 10% con 96,93%, 30% con 96,26%, y último 20% con 96,12%¹²¹.

4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico se efectuó con el costo de las materias primas utilizadas en la elaboración de las dietas experimentales para la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*); los precios fueron suministrados por almacenes agropecuarios de la ciudad de Popayán, y los resultados obtenidos se compararon con el valor del alimento comercial Mojarra 24 para etapa de engorde el cual se tomo como referente, ya que actualmente se suministra en las estaciones piscícolas de la represa de la Salvajina debido a que los productores cosechan animales para el consumo y no para el fileteado, por lo que no buscan tilapias con un óptimo crecimiento, si no con un buen peso entre los 220 y 250g. Los valores encontrados se presentan en el cuadro 17.

Cuadro 17. Valor del concentrado elaborado por Kilogramo y por bulto para cada una de las dietas evaluadas

DIETA	COSTO/Kg	COSTO/BULTO
T0	\$1.460	\$58.400
T1	\$1.432	\$57,280
T2	\$1.323	\$52,920
MOJARRA 24	\$1.350	\$54,000

¹¹⁸MORAES, *et al.*, 2006. Op. cit., p.34

¹¹⁹MORAES, *et al.*, 2005. Op. cit., p.63

¹²⁰BOSCOLO, *et al.*, 2008.Op. cit., p.67

¹²¹PEREA ROMÁN, Crispulo y GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Op.cit., p.34

Al comparar el costo por Kilogramo y por bulto de los tratamientos evaluados, la dieta T1 frente a T0 reduce los costos por alimentación, ya que representa una disminución de \$1.120, lo mismo ocurre para T2 con un ahorro de \$5.080. Al relacionar el precio del concentrado comercial M24 con la dieta T2 que para nuestro caso es la más rentable, se deduce que el porcentaje de ahorro es del 2%.

Teniendo en cuenta que para producir una tonelada de carne en la Salvajina (Hoyos, 2009)¹²² se requieren 43 bultos de concentrado para la etapa de engorde, en el cuadro 18 se presenta el costo generado con cada uno de los tratamientos elaborados y con inclusión de ensilaje para producir 1 tonelada de carne de Tilapia (*Oreochromis spp*).

Cuadro 18. Costos para producir 1 tonelada de carne por tratamientos evaluados

DIETA	COSTO/BULTO	BULTOS PARA 1 TON CARNE	TOTAL
T0	\$58.400	43	\$2'511.200
T1	\$57.280	43	\$2'463.040
T2	\$52.920	43	\$2'275.560
MOJARRA 24	\$54.000	43	\$2'322.000

El ahorro generado para la producción de una tonelada de carne de tilapia en la Salvajina con el tratamiento T2 en comparación con el concentrado comercial (\$2'322.000) sería de \$46.440, resultando más económica la dieta T2.

A continuación en el cuadro 19 se muestra la conversión alimenticia para cada uno de los tratamientos evaluados, indicando la cantidad de concentrado necesaria para producir 1 Kilogramo de carne de Tilapia roja.

Cuadro 19. Conversión Alimenticia de los tratamientos evaluados

Tratamiento	Conversión alimenticia
T0	2,64
T1	2,00
T2	1,60

¹²²HOYOS CONCHA, 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

Con la inclusión de ensilaje de vísceras de pescado para producir un Kilogramo de carne en los tratamientos T1 y T2, se ahorra 0,64 y 1,04 Kilogramos de concentrado respectivamente en comparación con T0; representado en costos se ahorra \$916,48 y \$2.116. Para producir una tonelada de carne el ahorro generado sería de \$916.000 y \$2'116.000 respectivamente.

La inclusión del ensilaje biológico de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) muestra una disminución de costos favorable, indicando la viabilidad tanto económica como productiva del producto.

5. CONCLUSIONES

La Tilapia roja (*Oreochromis spp*) presentó un mejor comportamiento con el tratamiento T2 (Dieta con el 80% Dieta de referencia más 20% de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado) según los análisis estadísticos para ganancia de peso, incremento de longitud y conversión alimenticia, logrando para esta última el valor más bajo con 1,60, respecto a los tratamientos T1 y T0.

La inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) no afecta el comportamiento productivo y la Digestibilidad aparente total y de los nutrientes de los animales, permitiendo inferir que es una alternativa favorable para el consumo animal.

Niveles de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en dietas para Tilapia roja (*Oreochromis spp*), contribuye a disminuir el impacto ambiental de las estaciones piscícolas de la Salvajina causado por el vertimiento de las vísceras a las fuentes de agua, al hacer uso de estos residuos como materia prima en alimentación.

La inclusión del 20% de ensilaje biológico de pescado en la elaboración de dietas para alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) incrementó la rentabilidad del tratamiento, indicando la ventaja de su utilización, ya que se obtiene una disminución de los costos con respecto al concentrado comercial y se logran buenos rendimientos en cuanto a los parámetros zootécnicos.

Según los resultados de este trabajo, se puede concluir que los ensilados de pescado pueden ser incluidos en dietas para Tilapia roja como fuente de proteína de origen animal y con buena disponibilidad de nutrientes, sin afectar su rendimiento.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización de nuevos subproductos de la región en el balance de dietas para tilapia roja, como los usados en la evaluación que son de bajo costo y altamente proteicos; siempre y cuando la formulación de las mismas se haga con base en los requerimientos nutricionales de la especie.

Realizar esta evaluación de inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en otras especies particulares para cada clima, con el fin de establecer parámetros propios y reconocer los productos o insumos que puede proveer la región para la elaboración de dietas que permitan mejorar la eficiencia productiva y disminuir costos de producción.

Realizar otros trabajos que valoren nuevamente la suplementación de ensilaje biológico de vísceras de pescado con diferentes niveles de inclusión en alimentación de tilapia roja y otras especies acuícolas en las diferentes etapas y sistemas de cultivo.

Incluir el ensilado biológico de vísceras de pescado en la preparación de dietas por la tecnología de extrusión para especies acuícolas potenciales de la zona.

Aprovechar los residuales sólidos del procesamiento de evisceración en la elaboración de ensilado por el método de fermentación anaerobia, para fructificar la calidad nutricional de este producto y disminuir el impacto ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

ABIMORAD GIANINI, Eduardo, *et al.* Silagem de peixe em ração artesanal para Tilápia do nilo. Revista Brasileira de Zootecnia. Brasil. 2009

ALBORNOZ SAEZ, Jermán Patricio. Utilización digestiva de dietas con distintos niveles de inclusión de harina de lupino (*Lupinus albus*) en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Trabajo de grado (Licenciado en Ciencias de la Acuicultura). Universidad católica de Temuco. Facultad de acuicultura y Ciencias veterinarias. Escuela de Acuicultura. Temuco. 2003

ARRUDA FERRAZ, Lia, *et al.*, Nutritional aspects of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. Revista Brasileira de Zootecnia. Ciênc. Tecnol. Aliment. vol.26 no.4 Campinas. Oct./Dec. 2006

ATLATENCO CANTOR, Fernando. Manual de producción de Tilapia. Mexico. 2007. [Consultado 22 de Diciembre 2009]. Disponible en: <<http://www.scribd.com/doc/26642997/Curso-de-Cultivo-de-Tilapia>>

AUSTRENG, E., STOREBAKKEN, T., THOMASSEN, M., REFSTIE, S., and THOMASSEN Y. Evaluation of selected trivalent metal oxides as inert markers used to estimate apparent digestibility in salmonids. Aquaculture, 188:65-78, 2000

BARLOCOO N, Avdalov, *et al.*, Evaluación del ensilaje biológico de pescado en la alimentación de cerdos en engorde. Instituto nacional de pesca. Uruguay. [Consultado 7 octubre 2010]. Disponible en: <http://www.gipescado.com.br/arquivos/ensilado_navdalov.pdf>

BARRAL, A.; CASTAÑON, C.; BERGAMASCHI, N. y ROTH, R. Ensilados ácidos de pescado. La Industria Cárnica, 17:76, 43-47, 1989

BAROILLER, Jean y JALABERT, Bernard. 1989. Contribution of research in reproductive physiology of the culture of Tilapia. Aquat. Living Res, 105-116.

BELTRÁN, G. Isabel Cristina. Modelos de jaulas flotantes para el cultivo de peces en clima cálido, Red Nacional de Acuicultura, Memorias de la Segunda Reunión Red Nacional de Acuicultura. Neiva. Septiembre 1988

BELLO, Rafael., CARDILLO, Elizabeth y MARTÍNEZ, Raúl. Estudios sobre la elaboración de ensilados microbianos a partir de pescado eviscerados. Archivo Latinoamericano de Nutrición, 43(3):221-227, 1993

BERTULLO H, Víctor. HETTICH PEREZ, Fernando. El ensilado de pescado un nuevo alimento en el Uruguay. Departamento de investigaciones pesqueras y biología marina. [Consultado 5 octubre 2010]. Disponible en:
<http://www.oceandocs.org/bitstream/1834/3212/1/1956_6_4_p141-150.pdf>

BOLIN, D.W.; KING, R.P.; AND KLOSTERMAN, W.W. A simplified method for the determination of chromic oxide (Cr_2O_3) when used as an inert substance. Science, 116(3023): 634–635, 1952

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

-----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 (*Plagiosciscus squamosissimus*) y pan integral Canela Camarones (*Macrobrachium amazonicum*) para la Tilapia del nilo Occidental. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 33, n. 1, 2004

-----Farinha de varredura de Mandioca (*Manihot esculenta*) na alimentação de alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). Revista Brasileira de Zootecnia, v.31, n.2, p.545-551, 2002

-----Desempenho de machos revertidos de Tilapia do Nilo (*O. niloticus*, L.) linha Gens tailandesa e Común, nas fases inicial e de crescimento, v1, p. 84-91. In: Acuicultura en Armonía con el Ambiente. 1999

BOTELLO, Aroldo León. Utilización de diferentes ensilados químicos de pescado en la alimentación de alevinos del pez Gato africano (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822). Tesis presentada en opción al Título Académico de Máster en Biología Marina con mención en Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. 2005

BUREAU, D. and CHO, C. Measuring digestibility in fish. Fish Nutrition Research Laboratory, 6pp, 1999

CAMPO CASTILLO, Fernando. La importancia de la Tilapia roja en el desarrollo de la piscicultura en Colombia. Asociación Red Cauca, Alevinos del Valle. Cali, Valle (Colombia). [Consultado 22 de Diciembre 2009]. Disponible en: <<http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/new/tilapiacolombia.pdf>>

CHOUBERT G.; DE LA NOÛE, J.; LUQUET, P. Continuous quantitative automatic collector for fish feces. The Progressive Fish-Culturist, 41: 64–67, 1979

DECTHEROC'S BLOG. Peces (Taxonomía Especies Ícticas). [Consultado 5 de Julio 2010]. Disponible en: <http://dectheroc.wordpress.com/peces-especies-ictiticas>>

DELGADO POOT, Carlos Antonio; SALAZAR NOVELO, Rafael; HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ MIZAR F. ABC, En el cultivo de la Tilapia. 2009. [Consultado 15 de Julio 2010]. Disponible en: <<http://www.scribd.com/doc/20458321/ABC-en-El-Cultivo-Integral-de-La-Tilapia>>

EDIN., H. Orienterande försök över användbarheten av en på "ledkroppsprincipen" grundad metod att bestämma en foderblandnings smältbarhet. Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet. Stockholm Medd, 165: 1–28, 1918

Empresa de alimentos balanceados para Camarones Nicovita del Perú. Manual de Crianza de Tilapia. Alicorp S.A. Av. Argentina 4695 Carmen de la Legua - Callao 3, Lima, Perú. p. 3-4. 2008. [Consultado 22 Diciembre. 2009]. Disponible en: <<http://www.buscagro.com/Detailed/42861.html>>

FAO. Piscicultura en jaulas y corrales, documento técnico de pesca 255 (Roma 1986). [Consultado 22 Diciembre. 2009]. Disponible en: <<http://www.zoetecnocampo.com/foro/Forum17/HTML/000252.html>>

Foro Superfauna. Saprolegnia ¿El ataque de un hongo?. Barcelona. Disponible en: <<http://foro.superfauna.es/showthread.php?t=941>>. Acceso: 20 Agosto.2010

FOX, Joe. *et al.*, Nutrición y manejo del alimento. Universidad de Texas. p. 69. [Consultado 5 de Octubre 2010]. Disponible en: <http://pacrc.uhh.hawaii.edu/mexico/files/manual/es_04_shrimp_farming_methods.pdf>

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

GONCALVES, J. F.; SANTOS, S.; SOUSA, V.P.; BATISTA, I. y COIMBRA, J. The use of fish silage as an ingredient for eel fingerling nutrition. *Aquaculture*.80: 135-146, 1989

Granja agroacuícola Sustentable. Acuicultivos del valle. [Consultado 27 de Julio 2010]. Disponible en: <http://www.acuacultivosdelvalle.mex.tl/29551_SANIDADACUICOLA.html>

HARDY, R. Understanding and using apparent digestibility coefficients in fish nutrition. *Aquaculture Magazine* May/June. 1997

HENRY SILVA, Gustavo Gonzaga y CAMARGO, Antonio Fernando. Valor nutritivo de macrófitas acuáticas flutuantes (*Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) utilizadas no tratamiento de efluentes de aqüicultura. *Acta Scientiarum. Revista Brasileira de Zootecnia*, v.24, n.2, p.519-526, 2002

HOYOS CONCHA, 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

KUBITZA, F. Calidad de pescado. *Panorama da Aqüicultura*, Brasil. 1999 [Consultado 5 de Octubre 2010]. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/43-Calidad_Pescado.pdf>

LESSI, Edson. Ensilajes de pescado en Brasil para la alimentación animal. Manaus: CPTA/INPA, 2001. [Consultado 11 Agosto 2010]. Disponible en:

<<http://www.fao.org/livestock/aphp134/cap3.htm>>

-----. Ensilaje de pescado en Brasil para la alimentación animal. Tratamiento y utilización de los residuos de origen animal, pesquero y alimentario en la alimentación animal. Memorias del Taller Regional organizado por el Instituto de Investigaciones Porcinas y la FAO. Habana, Cuba. 1994

LLANES I, José. TOLEDO P, José. LAZO DE LA VEGA, José. Producción de alimento húmedo a partir de ensilado de pescado para alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). Universidad de Zaragoza. España. 2006

-----. Producción y utilización de ensilado de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Biología Marina con mención en Acuicultura. Centro de Investigaciones Marinas. Universidad de La Habana. 2003

-----. Evaluación de los desechos frescos de pescado y ensilados como única fuente de proteína animal en la alimentación de híbrido de Clarias (*Clarias gariepinus* x *C. macrocephalus*). Centro de Preparación Acuícola Mampostón. Habana (Cuba). p.25

-----. Máximo porcentaje de ensilado químico de pescado en la dieta de *Clarias gariepinus*. Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana. Cuba. p.5

MANRÍQUEZ J.A. & ROMERO, Juan José. Determinación de la digestibilidad del alimento utilizado en la Salmonicultura. Una herramienta para su certificación ambiental. p. 8–9. Seminario Internacional Acuicultura y Medio Ambiente. Santiago de Chile. 1993

MATTOS C, Jessika, CHAUCA F, Lilia, SAN MARTIN H., Felipe. 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, Alex and REDDING, Theresa. A. Environmental Management for Aquaculture. Kluwer Academic Publishers, London: 215pp, 1998

Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Estandarización del proceso de fermentación de ensilado biológico a partir de residuos y vísceras de Tilapia roja (*Oreochromis* spp), producidas en el embalse “la Salvajina”, Departamento del Cauca. 2009

MORAES DE OLIVEIRA, Marinez, *et al.* Coeficiente de digestibilidad aparente y energía digestible de algunos residuos agroindustriales en alimentación de Tilapia. Revista Eletronica Nutritime, v.5. 2008

------. Desempenho produtivo e digestibilidade pela Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) alimentada com dietas suplementadas com níveis crescentes de silagem ácida de pescado. Zootecnia e Medicina Veterinaria. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brazil. 2006

------. Silagem de resíduos da filetagem de Tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico análise Bromatológica, físico-química e microbiológica. Revista Brasileira de Zootecnia. Brasil. vol.30 no.6 Lavras Nov./Dec. 2006

------. De ensilado ácido de los residuos de fileteado de tilapia a los renacuajos, Ranas toro (*Rana catesbeiana*), la digestibilidad y el rendimiento. Zootecnia e Medicina Veterinaria. Universidade José do Rosário Vellano/UNIFENAS. Brazil. 2005

PEREA ROMÁN, Crispulo. GARCÉS CAICEDO, Yeny J. Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010

------. Diagnóstico de la actividad piscícola en la represa La Salvajina con énfasis en el manejo de los residuos sólidos. Popayán Cauca. Agosto. 2009

------. Evaluación de ensilaje de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) incluyéndolos en un programa de aprovechamiento de residuos sólidos para la disminución de los costos de producción. Universidad del Cauca, Centro Regional de Productividad e Innovación del Cauca (CREPIC). Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2009

PÉREZ, Julio.; GRAZIANI, César y NIRCHIO, Mauro. Hasta cuando los exóticos. Act. Cient. Ven., 48(3): 127-129, 1997

PEZZATO, Luis Edivaldo.; PEZZATO, A.C.; SILVEIRA, A.C.; et al. Digestibilidade aparente de fontes protéicas pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASIEIRO DE AQUICULTURA. Florianópolis.1988.

RAA, Jan and GILDBERG, A. Fish silage: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. CRC. 16 (4): 383, 1982

RABIA, Z. F.; RÍAZ, S. Seena and QADRI, R.B. Preparation of fish silage by microbial fermentation. Tropical Science. 33(2): 171-182, 1993

REGOST, C.; ARZEI, J. and KAUSHIK, S. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diets for turbot (SVHWWD_PD[LPD]). Aquaculture. 180. 99:117, 1999

RODRÍGUEZ, Horado. Generalidades del Desarrollo de la Acuicultura Marina en Colombia. Fundamentos de Acuicultura Marina en Colombia. Serie Fundamentos N° 2.INPA, Colombia. pp 1-21, 1995

RUANO BALSINDE, Mayra del Pilar. CASTRO FRAGA, Ileana. LÓPEZ GALINDO, José. Inclusión de ensilado de pescado como alternativa en la elaboración de alimento extruido para el Camarón de cultivo (*Litopenaeus schmitti*). Centro de Investigaciones Pesqueras. Cuba. 2003

Salvajina. [Consultado 22 de Diciembre 2009]. Disponible:
<<http://www.negociosgt.com/fotos/innovacion/EnfoquesyHerramientas/02PiscicolaSalvajina.swf>>

SEPÚLVEDA Sofía. El siglo XXI. Colombia: ¿Potencia en acuicultura? Panorama Acuícola, 5:20-30, 2000

TACON, Albert.G.J. y JACKSON, A.J. Utilisation of conventional and unconventional protein sources in practical fish. C.B. Coway; A. M. Mackie; Bell, J.G. (eds.): Nutrition and Feeding in Fish. Academic Press, London. 119-145, 1985

TOLEDO PÉREZ, Sergio José. Jefe del Laboratorio de Organismos Acuáticos. Centro de Preparación Acuícola Mamposton .Ministerio de la Industria Pesquera. Habana. Cuba 2005

VALENCIA, O.; DORADO, M.P. y ORTEGA, E. Ensayo sobre la alimentación de la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) con pescado almacenado y preservado en ácidos orgánicos e inorgánicos (Fish silage). *Boletín científico. INPA* (2). 1994

VANDENBERG, G., and De la NOÛE, J. Apparent digestibility comparison in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) assessed using three methods of faeces collection and thee digestibility markers. *Aquaculture Nutrition* 7: 237-245, 2001

WICKI, G. Cultivo y producción de Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) incidencia de dos dietas de diferente composición y de la densidad de siembra en sistemas de cultivo semiintensivo. Tesis de maestría presentada en manuscrito para su evaluación en la Escuela para graduados de la Facultad de agronomía de la UBA, 81p, 2002

WICKI Gustavo. WILTCHIENSKY Edgardo. LUCHINI Laura. Ensilados de vísceras de pescado de rio como fuente de proteína y formulas alimentarias a base de harina de soja, o de algodón, o de pluma; como sustituto total o parcial de la harina de pescado en el engorde final de Pacú, en el noreste argentino. Dirección de Acuicultura. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA). Argentina. 2002

WIGNALL, J. y TATTERSON, I. Fish silage. *Process Biochemistry*. January /February. 1977

WINDSOR, Malcom y BARLOW, Stuart. Introducción a los subproductos de pesquería. Ed. ACRIBIA. España. 1984. [Consultado 24 de mayo de 2009]. Disponible en <<http://www.monografias.com/trabajos39/alimentacion-peces/alimentacion-peces2.shtml> >

WOHLFARTH, Giora.W.; ROTHBARD, S.; HULATA, Gideon.; SZWEIGMAN, D. Inheritance of red body coloration in Taiwanese tilapias and in *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*. 84 : 219-234, 1990

ANEXOS

ANEXO A. CONSUMO TOTAL DE CONCENTRADO POR TRATAMIENTO Y REPETICIÓN EN g

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Consumo promedio concentrado/tratamiento
	R1	R2	R3	
T0	75,95	89,40	26,52	63,96
T1	63,30	176,50	64,43	101,41
T2	108,18	129,40	103,90	113,83

ANEXO B. RECOLECCIÓN TOTAL DE HECES POR TRATAMIENTO Y REPETICIÓN EN g

TRATAMIENTOS	REPETICIONES			Total Tratamiento (g)
	R1	R2	R3	
T0	85,6564	73,8167	86,7498	246,2229
T1	133,1095	122,3534	119,9068	375,3697
T2	111,9556	130,112	109,6791	351,7467

ANEXO C. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HECES TRATAMIENTO T0

PARÁMETRO	Unidad de medida	R1		R2		R3	
		B.P.S	B.S	B.P.S	B.S	B.P.S	B.S
Humedad	g/100g	88,9	-	89,2	-	87	-
Materia seca	g/100g	11,1	-	10,8	-	13	-
Ceniza	g/100g	3,22	28,99	3,64	33,84	3,85	29,68
Extracto etéreo	g/100g	0,188	1,70	0,156	1,45	0,167	1,29
Fibra cruda	g/100g	1,79	16,10	1,25	11,56	2,27	17,54
Proteína	g/100g	1,39	12,55	1,61	14,93	1,42	10,99
Energía bruta	Kcal/100g	34,4	310,00	32,40	300,00	39,20	303
Óxido Crómico	g/100g	0,35	3,19	0,29	2,72	0,39	3,03

Fuente: Resultados enviados por Laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010

ANEXO D. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HECES TRATAMIENTO T1

PARÁMETRO	Unidad de medida	R1		R2		R3	
		B.P.S	B.S	B.P.S	B.S	B.P.S	B.S
Humedad	g/100g	89,3	-	88,6	-	88,8	-
Materia seca	g/100g	10,7	-	11,4	-	11,2	-
Ceniza	g/100g	3,36	31,30	3,16	27,57	3,10	27,75
Extracto etéreo	g/100g	0,148	1,37	0,150	1,31	0,171	1,53
Fibra cruda	g/100g	1,96	18,26	2,07	18,11	2,01	18,00
Proteína	g/100g	1,04	9,68	1,03	9,02	1,19	10,69
Energía bruta	Kcal/100g	31,8	296,00	34,00	297,00	33,80	302
Óxido Crómico	g/100g	0,41	3,80	0,39	3,36	0,43	3,82

Fuente: Resultados enviados por Laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010

ANEXO E. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HECES TRATAMIENTO T2

PARÁMETRO	Unidad de medida	R1		R2		R3	
		B.P.S	B.S	B.P.S	B.S	B.P.S	B.S
Humedad	g/100g	88,6	-	89,3	-	89,1	-
Materia seca	g/100g	11,4	-	10,7	-	10,9	-
Ceniza	g/100g	2,92	25,56	2,76	25,70	3,16	28,86
Extracto etéreo	g/100g	0,201	1,76	0,191	1,78	0,159	1,45
Fibra cruda	g/100g	2,62	22,97	1,19	11,11	2,09	19,13
Proteína	g/100g	1,18	10,34	1,05	9,78	1,10	10,03
Energía bruta	Kcal/100g	37,3	327,00	36,00	335,00	34,10	312,00
Óxido Crómico	g/100g	0,35	3,07	0,36	3,33	0,37	3,34

Fuente: Resultados enviados por Laboratorio de Bromatología, Universidad de Nariño. 2010