

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD REAL DE DIETAS DE LEVANTE  
ELABORADAS CON HARINA DE VÍSCERAS DE PESCADO EN LA  
ALIMENTACIÓN DE MOJARRA PATIANA (*Cichlasoma ornatum*, REGAN 1905)  
MEDIANTE EL MÉTODO DE ÓXIDO CRÓMICO ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) Y CÁMARAS  
METABÓLICAS TIPO GUELPH

MARIO DAVID DELGADO GOMEZ  
YENNY OMAIRA LÓPEZ VALLEJO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO – COLOMBIA  
2005

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD REAL DE DIETAS DE LEVANTE  
ELABORADAS CON HARINA DE VÍSCERAS DE PESCADO EN LA  
ALIMENTACIÓN DE MOJARRA PATIANA (*Cichlasoma ornatum*, REGAN 1905)  
MEDIANTE EL MÉTODO DE ÓXIDO CRÓMICO (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Y CÁMARAS  
METABÓLICAS TIPO GUELPH

MARIO DAVID DELGADO GOMEZ  
YENNY OMAIRA LOPEZ VALLEJO

Tesis de grado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en  
Producción Acuícola

Presidente:  
JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS  
M.V.Z., M. Sc., Ph.D (C)

UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA  
PASTO – COLOMBIA  
2005

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° del acuerdo 324 del 11 de octubre de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

## Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

JORGE NELSON LÓPEZ MACIAS  
M.V.Z., M. Sc., P h. D. (C)

---

SANDRA ESPINOZA NARVAEZ  
Tec. Química. Ing. en producción  
acuícola.

---

JAIME E. RODRÍGUEZ SANCHEZ  
Ing. en producción acuícola.

Pasto, Mayo 25 2005.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Jorge Nelson López Macias	Profesor titular. Facultad de Ciencias Pecuarias Universidad de Nariño
Sandra Espinoza Narváez	Tec.Química.,Ing. en Producción Acuícola
Jaime Rodríguez Sánchez	Ingeniero en producción Acuícola
Oscar Melo Gonzáles	Estadístico, Profesor Universidad Nacional, Bogotá.
Álvaro Renan Cajas Burbano	Biólogo, M.sc. Recurso Hídrico. CRC
Marco Antonio Imuèz Figueroa	Zoot., Esp. Director del Departamento de Recursos Hidrobiológicos
Luis Alfonso Solarte Portilla	Zoot., Secretario Académico Facultad de Ciencias Pecuarias
Carlos Solarte Portilla	PhD. Zoot., M.Sc. Profesor Facultad de Ciencias Pecuarias Universidad de Nariño
Pilar Narváez Erazo Zoot.	Laboratorios Especializados
Ruth Lucero Salcedo	Ingeniera en Producción Acuícola
Wilson Paz Rosero	Estudiante Ingeniería Acuícola
Oscar Mejía Santacruz	Economista. Bibliotecario

Al Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de La Universidad de Nariño, a todo el personal que labora en la Corporación Regional del Cauca CRC. Y a todas las personas que en una u otra forma apoyaron el desarrollo de esta investigación.

Dedico a:

La culminación de un gran esfuerzo es la ocasión para agradecerle a DIOS por brindarnos la inteligencia y la tenacidad.

Dedico de todo corazón este trabajo a mi Familia Delgado Gómez, gracias por todo su apoyo incondicional y su filial cariño.

Y a todas las personas que no creen en mis ideas porque ellas proporcionan el viento en contra para que las cometas vuelen cada vez más alto.

MARIO DAVID

Dedico:

A DIOS quien me dio la fortaleza para culminar esta meta

A mi Madre por brindarme su amor y apoyo incondicional

A mis hermanos Patricia, Juan y Yohana

A Franco G. por sus constantes motivaciones

.... No hay satisfacción comparable como la que nace del deber cumplido y recibir así lo tan añorado

YENNY OMAIRA

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA	21
2.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
3.OBJETIVOS	23
3.1OBJETIVO GENERAL	23
3.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4.MARCO TEÓRICO	24
4.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA ESPECIE	24
4.2GENERALIDADES DE LA ESPECIE	24
4.3 HABITOS ALIMENTICIOS DE LAS ESPECIE	25
4.4 CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL TROFICO DE LA MOJARRA patiana (c. ornartum).	26
4.4.1 Forma y posición de la boca	26
4.4.2 Forma y disposición de los dientes	26
4.4.3 Presencia de dientes faringeos	26
4.4.4 Presencia y forma de espinas branquiales	26
4.4.5 Relación biométrica entre el intestino y la longitud corporal	26
4.5 CARACTERISTICAS DE LA ALIMENTACIÓN ACUATICA	27
4.6 REQUERIMIETOS NUTRICIONALES	28
4.6.1 Requerimiento de energía	28
4.6.2 Requerimiento de proteínas	30
4.6.3 Requerimiento de aminoácidos	31
4.6.4 Requerimiento de lípidos	32
4.6.5 Requerimientos de carbohidratos	33
4.6.6Requerimiento de fibra	34

4.6.6	Requerimiento de vitaminas	34
4.6.7	Requerimiento de minerales	35
4.7	DIGESTIBILIDAD	36
4.7.1	Digestibilidad de la proteína	37
4.7.2	Digestibilidad de lípidos	38
4.7.3	Digestibilidad de los carbohidratos	40
4.7.4	Digestibilidad de la fibra	41
4.8	PRPORCION DE PROTEINA Y ENERGIA EN DIETAS	41
4.9	ENERGIA DIGESTIBLE	42
4.10	EFICIENCIA ENRGETICA DE LOS PECES	43
4.11	MATERIA PRIMAS	45
4.11.1	Materia primas de origen animal	45
4.11.2	Materia prima de origen vegetal	46
4.11.3	Vitaminas	48
4.12	MARCADORES INERTES	48
5.	DISEÑO METODOLÓGICO	50
5.1	LOCALIZACIÓN	50
5.2	MATERIAL BIOLÓGICO	50
5.2.1	Captura de los ejemplares en el medio natural	50
5.2.2	Transporte	51
5.3	INSTALACIONES Y EQUIPOS	52
5.3.1	Cámaras metabólicas	52
5.3.2	Materiales y equipos de laboratorio.	53
5.4	PLAN DE MANEJO	54
5.4.1	Adecuación y desinfección de las cámaras	54
5.4.2	Aclimatación	54
5.4.3	Parámetros fisicoquímicos del agua	54
5.4.4	Muestreo	55
5.5	ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN	55
5.5.1	Dietas experimentales.	55

5.5.2 Preparación de dietas.	55
5.6 RECOLECCIÓN DE HECES	56
5.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	57
5.8 TRATAMIENTOS	57
5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	57
5.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	58
5.11 VARIABLES EVALUADAS.	58
5.11.1 Incrementos semanales de peso	58
5.11.2 Coeficiente de digestibilidad real (CDR)	58
5.11.3 Energía digestible (ED)	59
5.11.4 Coeficiente de utilización energética (CUE)	59
5.11.5 Conversión alimenticia real (CAr)	59
6 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	60
6.1 SISTEMA EXPERIMENTAL.	60
6.2 CONSUMO DE ALIMENTO	60
6.3 INCREMENTO DE PESO	61
6.4 ANALISIS DE NUTRIENTES	62
6.4.1 Dietas experimentales	62
6.4.2 Heces	62
6.5 COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD REAL	63
6.5.1 Coeficiente de digestibilidad real para proteína	63
6.5.2 Coeficientes de digestibilidad real de extracto etéreo	65
6.5.3 Coeficiente de digestibilidad real para Extracto no nitrogenado	66
6.5.4 Coeficiente de utilización energética (CUE)	67
6.6 ENERGÍA DIGESTIBLE	68
6.7 CONVERSIÓN ALIMENTICIA REAL	69
6.8 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	71
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	73
7.1 CONCLUSIONES.	73
7.2 RECOMENDACIONES.	73

BIBLIOGRAFÍA.	75
ANEXOS	79

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Requerimientos básicos para la alimentación de especies ícticas de aguas cálidas de acuerdo a sus estado de desarrollo	29
Tabla 2. Consumo de alimento en (g) datos promedios para alevines de Mojarra Patiana ( <i>C.ornatum</i> ) con cuatro niveles de harina de vísceras de Pescado H.V.P ( 0%-10%-20%-30%)	60
Tabla 3. Incremento total de peso de los ejemplares de mojarra patiana de losTratamientos experimentales	61
Tabla 4. Análisis proximal de dietas isonitrogenadas e isoenergéticas, datos Promedios en triplicados por tratamiento	62
Tabla 5. Análisis proximal de las heces de mojarra patiana ( <i>C ornatum</i> ), resultados promedios de muestreos en duplicados por tratamiento	62
Tabla 6. Coeficientes promedios de digestibilidad real (%) datos promedios para proteína, Extracto Etéreo extracto no nitrogenado, y coeficiente de Utilización energética de los tratamientos experimentales	63
Tabla 7. Alimento suministrado, rechazado, consumido y conversión alimenticia real promedio para alevinos de mojarra patiana ( <i>C ornatum</i> ) con cuatro niveles de harina de vísceras de pescado H.V.P ( 0%-10%-20%-30%)	70
Tabla 8. Análisis parcial de costos	72

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Mojarra patiana ( <i>Cichalossoma ornatum</i> )	25
Figura 2. Organización interna de la mojarra patiana ( <i>C. ornatum</i> )	26
Figura 3. Longitud intestinal v/s longitud de total corporal ( <i>C. ornatum</i> )	28
Figura 4. Representación esquemática del fraccionamiento de la energía consumida por los peces	44
Figura 5. Localización de la vereda las Tallas en el texto Nacional, Departamental y Local	51
Figura 6. Cámaras metabólicas tipo Guelph	52
Figura 7. Equipos de laboratorio de bromatología	53
Figura 8. Adecuación de las cámaras	54
Figura 9. Incorporación del óxido crómico.	56
Figura 10. Elaboración del pellet	56
Figura 11. Curva de crecimiento promedio semanal por tratamiento	61
Figura 12. Coeficientes de digestibilidad real promedio de la proteína entre tratamientos.	64
Figura 13. Coeficientes de digestibilidad real de Extracto etéreo de los tratamientos	65
Figura 14. Coeficientes de digestibilidad real de Extracto no nitrogenado los tratamientos	67
Figura 15. Coeficientes de utilización de Energía de los tratamientos	68
Figura 16. Energía digestible, promedios de los diferentes tratamientos	69
Figura 17. Conversiones alimenticias semanales de las dietas experimentales	70

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Parámetros fisicoquímicos del agua. Datos promedios semanales de los tratamientos	80
ANEXO B. Balanceo de dietas	81
ANEXO C. Análisis proximal de la harina de vísceras de pescado, harina de carne, torta de soya, harina de maíz, harina de hueso y aceite de palma	82
ANEXO D. Protocolo de Weende adaptado por el laboratorio de bromatología	83
ANEXO E. Protocolo modificado por Furakawa para determinar oxido crómico	84
ANEXO F. Análisis de varianza para consumo de alimento	85
ANEXO G. Coeficiente de digestibilidad real de los tratamientos	86
ANEXO H. Coeficientes de digestibilidad real obtenidos por Vargas, 2002 en la alimentación de alevinos de tilapia roja ( <i>Oreochromis sp</i> ) con harina de matadero de aves	87
ANEXO I. Digestibilidad aparente de ingredientes energéticos proteicos de origen vegetal y animal para tilapia nilotica ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) obtenidos por Pezzato, 2003	88
ANEXO J. Coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos por Degani, 1997 en la alimentación de tilapia ( <i>Oreochromis aureus</i> ) con diferentes fuentes de proteína y carbohidratos	89
ANEXO K Análisis estadístico para proteína	90
ANEXO L. Coeficientes de digestibilidad aparente de la soya integral en la alimentación de juveniles de tilapia roja ( <i>Oreochromis sp</i> ) reportados por Espejo, Carlos	91
ANEXO M. Análisis estadístico para extracto etéreo	92
ANEXO P. Análisis de estadístico para extracto no nitrogenado	93
ANEXO Q. Análisis estadístico (CUE)	94



## GLOSARIO

**DIGESTIBILIDAD:** conjunto de procesos fisiológicos, mediante los cuales los alimentos ingeridos atraviesan la pared del intestino anterior y entran al sistema portal.

**COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD:** porcentaje que permite establecer la cantidad de nutrientes provenientes del alimento que son asimilados por el animal.

**DIETA:** alimento que se da a un animal para un período de producción, con la condición de estar balanceado en cantidad y calidad, de acuerdo a la especie, fase fisiológica y características de manejo.

**ÓXIDO CRÓMICO:** indicador inerte, utilizado en estudios para establecer coeficientes de digestibilidad real.

**CÁMARA METABÓLICA TIPO GUELPH:** sistema de acuarios por el cual se pueden evaluar ensayos de digestibilidad real, mediante la recolección de la materia fecal a partir de una columna de sedimentación.

**PROTEÍNA:** son componentes orgánicos constitutivos indispensables, conformados por polímeros de aminoácidos que desempeñan un papel fisiológico fundamental en la estructura y funcionamiento de todos los organismos vivientes.

**AMINOÁCIDOS:** componente esencial de las proteínas, constituidos por una cadena combinada con un grupo amino y un grupo carboxilo.

**ENERGÍA DIGESTIBLE:** es la diferencia entre la energía química contenida en el alimento consumido y la energía perdida a través de las heces.

## RESUMEN

La presente investigación determinó durante 8 semanas, en 240 alevinos de Mojarra Patiana (*Cichlasoma ornatum*, REGAN 1905) los coeficientes de digestibilidad real de la harina de vísceras de pescado, en niveles del 10, 20 y 30 % en dietas balanceadas para el levante de los animales, utilizando óxido crómico como marcador inerte y como unidad experimental acuarios metabólicos tipo Guelph. Distribuidos al azar en 4 tratamientos y 3 réplicas por tratamiento.

Los coeficientes de digestibilidad real en las dietas con harina de vísceras de pescado para proteína, extracto etéreo y energía en los distintos tratamientos fueron superiores al 75%, registrándose los mayores valores en el tratamiento T2 con un nivel del 20% de harina de vísceras de pescado. Para el extracto no nitrogenado se reportaron valores superiores al 40%, obteniéndose el mayor coeficiente de digestibilidad en el tratamiento T1 con un nivel del 10% de harina de vísceras de pescado. Los resultados demostraron que teniendo en cuenta las ganancias de peso y la relación costo – beneficio, el mejor tratamiento fue el T2 (20% de harina de vísceras de pescado).

## ABSTRACT

The present research evaluated the real digestibility coefficients of visceras flour of rainbow fish at 10, 20 and 30 %, levels in the elaboration of balanced diet for mojarra patiana (*Cichalossoma ornatum*) using chromic oxide as inert marker, and Guelph metabolic chamber for digestibility studies, four treatments and three replies distributed at random.

The coefficients of real digestibility of the diets with visceras flour of rainbow fish for protein, ethereal extract and energy were higher than 75%, being the best in the treatment two, with a level of 20 % of flour of visceras of fish. The extract free of nitrogen reported an average value of 52%, being the best the treatment one (10% of visceras flour of rainbow trout). According to the highest weight increment and the cost-benefit relationship, the best treatment was T2 (20% of visceras flour of rainbow fish).

## INTRODUCCIÓN

Colombia es el país más biodiverso del mundo en proporción al área y condiciones excepcionales para el cultivo y explotación de especies ícticas, debido a la variedad de suelos, excedentes de biomasa vegetal y por estar en zona ecuatorial, ideal para mayor productividad primaria de los cuerpos de agua, pero paradójicamente las especies nativas promisorias de cultivo han sido relegadas a un segundo plano en lo referente a investigación científica aplicada, esto se debe a la falta de recursos para investigación y desinterés de la mayoría de instituciones públicas y privadas, asegurando que la mayor rentabilidad se obtiene de la explotación acuícola de especies hidrobiológicas exóticas ó introducidas.

Según Castro<sup>1</sup> la ausencia de investigación de especies nativas se refleja en el desconocimiento de su biología y potencial acuícola y pesquero sin considerar el hecho que la explotación y cultivo de las especies nativas, contribuyen al mejoramiento del sistema de seguridad alimentaría y a incrementar los ingresos de las poblaciones de bajos recursos. Además, el cultivo de especies nativas, minimiza los riesgos que conllevan para la biodiversidad y los ecosistemas, el cultivo de organismos Hidrobiológicos exóticos.

De acuerdo con López <sup>2</sup> un limitante para el cultivo de las especies ícticas nativas y principalmente especies de la cuenca hidrográfica del río Patía, es el desconocimiento de sus requerimientos nutricionales en condiciones de cautiverio.

El mismo autor afirma que algunas especies nativas con relación a especies acuícolas introducidas como la Trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) registran condiciones similares a estas, debido a su rusticidad, capacidad para reproducirse en cautiverio, tolerancia a factores fisicoquímicos adversos al agua, altas densidades de siembra, resistencia a enfermedades y gran demanda de su carne por parte del habitante rural Colombiano. La Mojarra patiana, como representante de los ciclidos americanos, ofrece características acuícolas ideales, semejantes a las tilapias , con la ventaja que es una especie nativa.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación única en Colombia por tratarse de un ciclido nativo se propuso determinar los coeficientes de digestibilidad real mediante un marcador inerte como el oxido crómico y la utilización de cámaras metabólicas tipo Guelph, en dietas elaboradas con una materia prima no convencional, y disponible en cantidades suficientes en el sur occidente colombiano como son los desechos procedentes de las empresas acuícolas de la región, en la alimentación de la Mojarra patiana (*Cichlasoma ornatum*, REGAN, 1905).

---

<sup>1</sup> CASTRO, Darío. Peces del Río Putumayo. Una aproximación a los recursos ictiológicos del Río Putumayo. Mocoa, Putumayo: Corporación autónoma regional del Putumayo, 1994. p.3-4.

<sup>2</sup> LÓPEZ, Jorge. Nutrición acuícola: Fisiología digestiva de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1997. p 211.

La investigación evalúo las vísceras de pescado teniendo en cuenta el crecimiento de la truchicultura en Nariño, ya que estos subproductos no se aprovechan en la mayoría de las piscifactorías y se ha constituido en un contaminador de las aguas en la acuicultura regional, cuando es arrojado a estas o cuando se procede a eliminarlas mediante enterramiento o incineración incrementando los costos laborales con el agravante que, en el cultivo las vísceras descartadas se obtienen a partir de tasas de conversión alimenticia de 2. Por esta razón la incorporación de vísceras de pescado como fuente de proteína de excelente valor biológico, permite no solamente la elaboración de dietas de gran digestibilidad, sino también resolver el problema de contaminación generado por este producto y mejorar la rentabilidad de la industria acuícola de suroccidente Colombiano.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACION DEL PROBLEMA

El estudio de las especies ícticas nativas en Colombia se ha caracterizado por la realización de investigaciones dispersas, fragmentarias e incipientes en tesis de grado no publicadas sobre fisiología digestiva y reproducción inducida, destacándose únicamente el desarrollo del paquete tecnológico desarrollado de la cachama negra (*Colossoma macropomun*) y cachama blanca (*Pyaractus brachipomus*) implementados a partir de investigaciones brasileñas.

Una de las estrategias para promocionar el cultivo de las especies ícticas nativas es la obtención de grandes rendimientos por hectárea de espejo de agua a partir de balanceados elaborados con materias primas no convencionales de bajo costo que existan en cantidades suficientes y que presenten un perfil de aminoácidos; con el fin de proveer los nutrientes, según el organismo hidrobiológico, la fase de desarrollo, las condiciones de cultivo y la intensidad de la explotación. Una de las alternativas proteicas para estas dietas son los subproductos y desechos resultantes en las empresas acuícolas, estos subproductos generalmente se vierten directamente a los cuerpos de agua, contaminando el recurso hídrico y en algunas piscifactorías se entierran o incineran, incrementando los costos laborales y disminuyendo la relación beneficio-costos. Al incorporar los mencionados subproductos a las dietas para peces, se aporta una fuente proteica de excelente perfil de aminoácidos y consecuentemente una buena digestibilidad, reflejándose en mejor crecimiento, conversión alimenticia y menor costo de producción.

De acuerdo con López<sup>3</sup> y Rubio, es importante la promoción y fomento de investigaciones de organismos hidrobiológicos nativos en los planes de desarrollo territorial y regional con fines de producción de alimento de alto valor proteico y diversificar el ingreso rural y disponer de alevinos y reproductores para repoblar los cuerpos de agua cada vez mas amenazados por la deforestación, la minería, la extracción inadecuada de materiales de construcción, la destrucción del hábitat de las especies nativas y la pesca ilícita con dinamita, barbasco, la amenaza que conlleva para nuestra ictiofauna la introducción de peces exóticos son la realización previa de estudios científicos y profundos sobre el impacto ambiental de estos organismos.

---

<sup>3</sup> LÓPEZ, Jorge y RUBIO, Efraín. Vulnerabilidad de especies ícticas nativas con relación a especies ícticas introducidas en la cuenca alta del río Cauca. En: Revista de Zootecnia. Vol. 4 No 7.

## 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se desconoce el coeficiente de digestibilidad real de la proteína, extracto etéreo, extracto no nitrogenado y energía digestible de las dietas elaboradas con harina de vísceras de pescado en la alimentación de la Mojarra patiana (*Cichalossoma ornatum*, REGAN, 1905 ) en cámaras metabólicas tipo Guelph, empleando como marcador inerte óxido crómico (  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  ).

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 GENERAL

Determinar el coeficiente de digestibilidad real de dietas elaboradas con harina de vísceras de pescado en la alimentación de Mojarra Patiana (*C ornatum*) mediante marcador inerte óxido crómico ( $Cr_2O_3$ ) y la utilización de cámaras metabólicas tipo Guelph.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Cuantificar el coeficiente de digestibilidad real para: proteína, extracto no nitrogenado y extracto etéreo en dietas de levante para la alimentación de la Mojarra patiana.
- Establecer la energía digestible y el Coeficiente de Utilización Energética de las diferentes dietas experimentales.
- Calcular las ganancias semanales de peso de los tratamientos.
- Determinar la conversión alimenticia real de las distintas dietas.
- Realizar un análisis parcial de costos para obtener la rentabilidad y la relación costo-beneficio para cada uno de los tratamientos experimentales.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LA ESPECIE

Según Montoya<sup>4</sup>, la mojarra patiana (*Cichlasoma ornatum*), es un pez nativo de la vertiente del pacífico y de la cuenca alta y media del río Patía, localizada en el suroccidente Colombiano en el departamento del Cauca, Municipio del Patía. Es una especie cercana filogenéticamente a otra especie de alta distribución en los ríos de la vertiente del Pacífico en los departamentos del Valle y del Chocó, como lo es la Mojarra Pemá (*Cichlasoma gephyrum*, EIGENMANN, 1922).

De acuerdo con Arteaga<sup>5</sup> la Mojarra del Patía es un pez de importancia económica para los habitantes del Municipio del Patía, no solo en pesca artesanal, sino en piscicultura gracias a sus características fenotípicas favorables para ser utilizada en una explotación piscícola; sin embargo este recurso hidrobiológico ha disminuido su potencial acuícola, no por carecer de cualidades, sino por su progresiva disminución, efecto y práctica de la pesca regional indiscriminada y por el desplazamiento de su hábitat; debido a la presencia en la vertiente del pacífico de especies exóticas transplantadas y/o introducidas como la tilapia nilótica, (*Oreochromis niloticus*), especie foránea; que por su precocidad, alta capacidad reproductiva y gran fortaleza biológica se encuentra en números importantes en la cuenca alta y media del río Patía (Fig. 1).

### 4.2 GENERALIDADES DE LA ESPECIE

Según Regan, citado por Cajas la taxonomía de la Mojarra del Patía es:

Reino : Animal  
Phylum: Chordata  
Clase: Osteichthies  
Orden: Perciforme  
Suborden: Percoides  
Familia: Cichlasomidae  
Nombre científico: *Cichlasoma ornatum*  
Nombre vernacular: Mojarra Patiana<sup>6</sup>

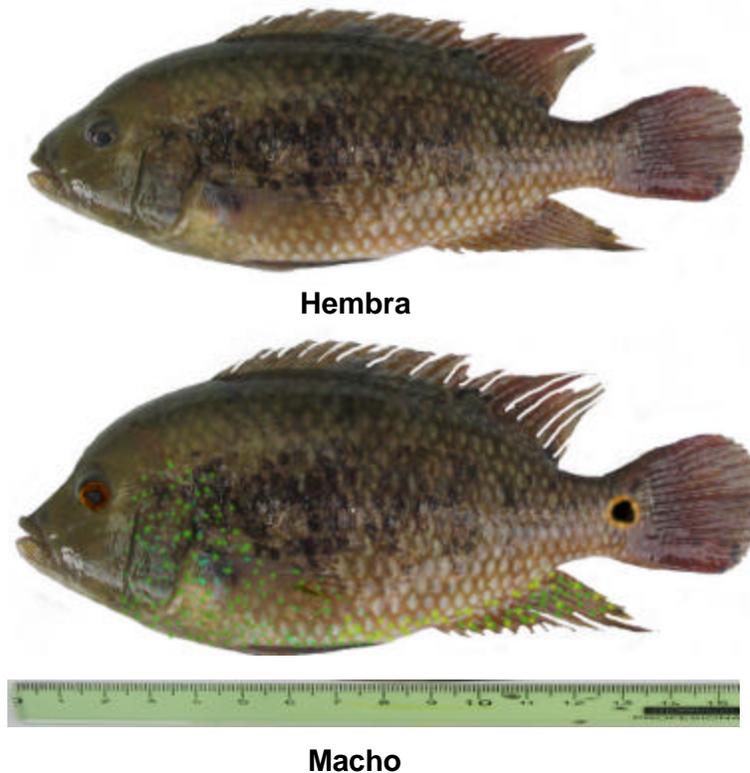
---

<sup>4</sup> MONTOYA, Pedro. Peces del departamento del Valle. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle C.V.C., 1996.p.4.

<sup>5</sup> ARTEAGA, Armando. Caracterización de la ictiofauna en la parte media del río Hato viejo, Municipio de Mercaderes, Popayán, 1996; 60 p. trabajo de Grado (Biólogo). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la educación.

<sup>6</sup> CAJAS, Álvaro. Determinación del nivel trófico de la especie íctica (*Cichalossoma ornatum* Regan 1905 PISCIS, Cichlidae) en el río Patía . Popayán, 2002; 60 p. trabajo de Grado (M.Sc- Recursos Hídricos). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la educación.

**Figura 1. Mojarra Patiana (*Cichlasoma ornatum*)**



#### **4.3 HÁBITOS ALIMENTICIOS DE LA ESPECIE**

Según Hepper<sup>7</sup> los Teleósteos debido a los resultados de su evolución, han adquirido características morfológicas y fisiológicas para hacer que el alimento y los hábitos alimentarios se adapten entre sí. Estas adaptaciones se caracterizan principalmente por la configuración del tracto digestivo, pero el grado de relación de esta última y el alimento ingerido varía. Igualmente Zamora<sup>8</sup> sostiene que a medida que se hacen más estables las condiciones de alimentación de las especies, se reduce la gama de los alimentos a los cuales se adaptan y en consecuencia, a mayor variabilidad del alimento disponible es mayor la diversidad de elementos alimenticios ingeridos por las especies.

Las características del alimento utilizado por los peces en sus hábitats naturales es muy diverso, al igual que sus hábitos alimenticios, consecuencia de esto se pueden

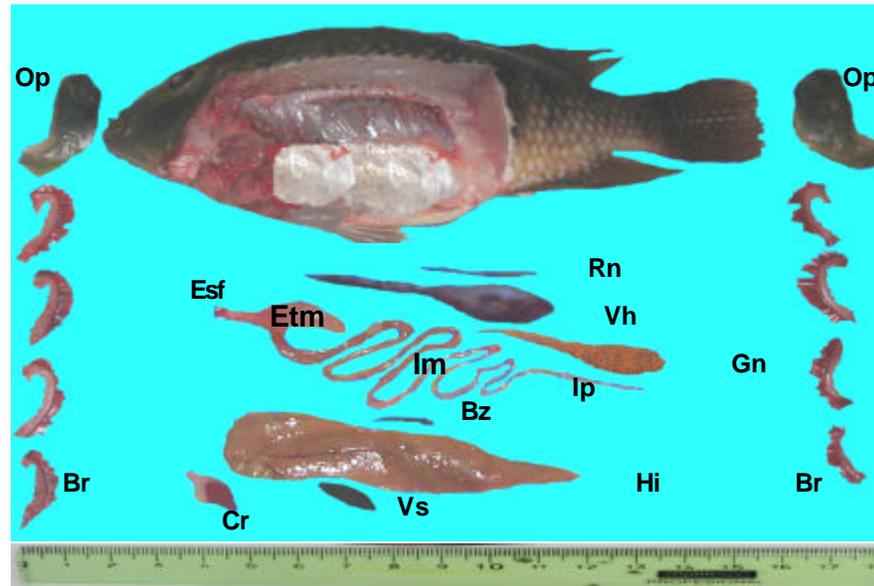
---

<sup>7</sup> HEPPEL, Balfour y PRUGININ, Yoel. Nutrición de peces comerciales en estanques de cultivo, México: Editorial Limusa, 1988. p. 33-36.

<sup>8</sup> ZAMORA, Bernardo, Métodos para el estudio de los animales y las relaciones tróficas de los peces. Universidad central de Venezuela. Caracas, 1981. p. 45.

clasificar como carnívoros, herbívoros y otros como omnívoros, dentro de los cuales Cajas<sup>9</sup> clasifica a la Mojarra patiana (*C. ornatum*), con base en las características morfológicas del sistema digestivo, tales como boca, dientes mandibulares, dientes faríngeos, espinas branquiales y longitud intestinal (Fig. 2).

**Figura 2. Organización interna de la mojarra patiana (*Cichlasoma ornatum*)**



Organización interna. **Vs**, vesícula biliar; **Vh**, vejiga hidrostática; **Gn**, Gónadas; **Hi**, hígado; **Bz**, Bazo; **Esf**, esófago; **Etm**, estomago; **Im**, intestino medio; **Ip**, intestino posterior; **Cr**, corazón; **Rn**, Riñón; **Br**, Branquias; **Op**, Opérculo.

#### **4.4 CRITERIOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL TROFICO DE LA MOJARRA PATIANA (*C. ornatum*).**

Para la determinación del nivel trófico de esta especie Cajas<sup>10</sup> destaca 5 ítems importantes, los cuales muestran una estrecha relación con la forma de alimentación y el tipo de alimento que consume la Mojarra patiana (*C. ornatum*):

**4.4.1 Forma y posición de la boca.** Posee una boca terminal protractil que permite con relativa facilidad la captura de invertebrados de fondo o los que están adheridos a algún tipo de sustrato.

**4.4.2 Forma y disposición de los dientes.** Son en promedio 36 dientes localizados 18 en la parte superior y 18 en la parte inferior de la mandíbula, estos se encuentran en línea continua; son estructuras agudas las que al parecer no utiliza como elemento

<sup>9</sup> CAJAS, Álvaro. Op. cit. p 7.

<sup>10</sup> *Ibíd.*, p.16-26.

tritador si no para atrapar y retener a la presa.

**4.4.3 Presencia de dientes faringeos.** Se presentan bien desarrollados formando una almohadilla inferior, con una longitud igual al cuarto arco branquial y dos almohadillas superiores, ubicadas al lado izquierdo y derecho entre las inserciones posteriores del tercero y cuarto arco branquial. La mencionada estructura indica que la especie incorpora en su dieta material vegetal.

**4.4.4 Presencia y forma de espinas branquiales.** La Mojarra patiana ( *C. ornatum* ) posee 96 branquitectnias cortas, las cuales no le sirven como sistema de filtración sino de corte de alimentos y es más parecido y propio a las branquitectnias que tienen las especies ícticas carnívoras u omnívoras.

**4.4.5 Relación biométrica entre el intestino y la longitud total corporal.** Según López<sup>11</sup>, la longitud del intestino, varía directamente con los hábitos alimenticios de la especie, siendo más corto en los peces carnívoros y más largo en las especies herbívoras o filtradoras. Para la Mojarra patiana Cajas<sup>12</sup>, obtuvo un valor promedio de 1.48, este valor es característico de especies con hábitos alimenticios omnívoros (Fig. 3).

## 4.5 CARACTERÍSTICAS DE LA ALIMENTACIÓN ACUÁTICA

Coll<sup>13</sup>, sostiene que el medio acuático se caracteriza porque todos sus componentes están formando parte de una fase líquida que se constituye como un vehículo para la dispersión de los nutrientes en suspensión. El flujo de materia en el medio acuático sigue el esquema de energía solar, fitoplancton, herbívoros, carnívoros. En primer lugar el animal captura el alimento (depende del tamaño del alimento, movilidad del animal, órganos de captura, hábitos alimenticios etc.), luego se inicia la digestión (degradación, fisiológica del alimento en partículas asimilables por el organismo), absorción (asimilación de las partículas utilizables para su conversión en estructuras del cuerpo) y excreción o eliminación de las sustancias no asimilables en forma de productos de desecho (heces, productos de degradación del metabolismo, etc. ).

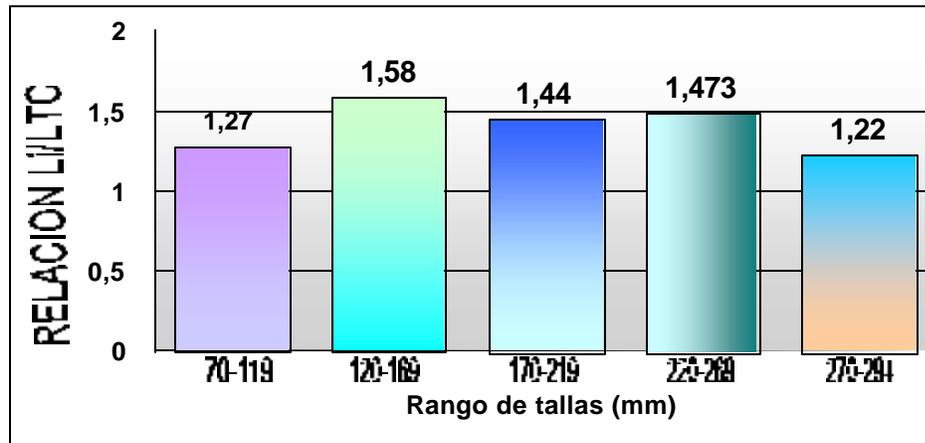
---

<sup>11</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit; p 55-56.

<sup>12</sup> CAJAS, Álvaro. Op. cit. p 15.

<sup>13</sup> COLL, Julio. Acuicultura marina animal: Alimentación. 3 ed. Madrid : Ediciones mundi prensa, 1991. p. 278-279.

**Figura 3. Longitud intestino v/s longitud total corporal *Cichlasoma ornatum*  
Rango de tallas (mm)**



Fuente. Cajas. 2002.

#### 4.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Según Shepherd<sup>14</sup> et al. el crecimiento de los animales se define por lo general, como un aumento correspondiente de la masa corporal en intervalos definidos de tiempo de acuerdo a la especie y su fase de desarrollo; debido a esto el crecimiento máximo en términos de su incremento de peso y tamaño dependen de la nutrición y el régimen óptimo de esta. El verdadero crecimiento de los tejidos estructurales tales como músculos, huesos y diversos órganos se caracteriza por un incremento de la cantidad de proteínas, minerales y agua (Tabla 1).

**4.6.1 Requerimientos de energía.** Según El consejo de investigación Nacional NRC<sup>15</sup> la energía no es un nutriente como tal; sin embargo, es liberada durante la oxidación metabólica de los nutrientes (carbohidratos, grasa y aminoácidos ) ingeridos en el alimento. Por eso, para muchas especies han sido determinadas las exigencias dietéticas de estos nutrientes esenciales conjuntamente con las exigencias de energía. Como principio general los animales, incluyendo a los peces, comen para satisfacer sus necesidades energéticas esenciales como el metabolismo básico, actividades rutinarias, crecimiento, reproducción, etc.; es decir, la cantidad de alimento que cada organismo debe consumir es gobernada por su propia tasa metabólica. Según lo expresa Hepper<sup>16</sup> la alimentación más eficiente es aquella que provee energía y nutrientes esenciales en las proporciones que requiere el pez para mantenerse vivo y crecer. Cualquier desviación de una composición ideal se reflejará

<sup>14</sup> SHEPHERD, Jonathan y BROMAGE, Niall. Piscicultura intensiva. Zaragoza: Editorial Acriba, 1999. p 155.

<sup>15</sup> NRC. Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes. Washington: National Academy Press, 1983. p.102.

<sup>16</sup> HEPPEL, Balfour y PRUGININ, Yoel, Op cit., p. 21-25.

en una modificación de las exigencias cuantitativas de alimento.

**Tabla 1. Requerimientos básicos para la alimentación de especies ícticas de aguas cálidas de acuerdo a su estado de desarrollo**

Nutrientes	Ejemplares	Ejemplares	Ejemplares	Ejemplares
	0.5 g	0.5 a 10 g	10 a 30 g	30 a 300 g
Proteína mínimo	45%	40%	34.5%	30 %
Grasa mínimo	10%	10%	6-10%	8%
Fibra máximo	8%	8%	8-10%	8-10%
Ceniza máximo	12%	12%	12%	12%
Extracto Libre de Nitrógeno	25%	25%	25%	25%
Calcio (g/Kg alimento)	0.05	0.05	0.05	0.05
Fósforo (g/Kg alimento)	0.07	0.07	0.07	0.07
Ácido ascórbico (mg/Kg alimento)	30 - 50	30 - 50	30 - 50	30 - 50

Fuente. Castillo,1994. López, 1997

Según López<sup>17</sup> la energía es fundamental para los procesos de mantenimiento, crecimiento y reproducción, la cantidad de energía y proteína realmente disponibles en una dieta están correlacionadas con los valores de energía y proteína digeribles, determinados en la especie objeto de estudio. Una dieta con exceso o deficiencia de energía digerible (ED) reduce el crecimiento del pez. Además, una ración desbalanceada con relación a la proteína facilita que la proteína sea utilizada con fines energéticos para satisfacer las necesidades de mantenimiento, disminuyendo la eficiencia de utilización de las grasas y carbohidratos como fuentes energéticas. Unos niveles altos de nutrientes ricos en energía incrementan los depósitos de grasa corporal, disminuyendo la calidad y características organolépticas del filete.

Vásquez<sup>18</sup>, afirma que desde el punto de vista de las necesidades y del uso de la energía, se considera que los peces tienen menores exigencias con respecto a los animales terrestres y son más eficientes, entre otras, por las siguientes razones: los peces no gastan energía para mantener la temperatura corporal, pues son poiquiloterms, excretan los residuos nitrogenados en la forma de amonio, la mayor parte directamente por las branquias a través de un mecanismo de difusión simple, sin tener que recurrir a grandes gastos energéticos para transformarlos en ácido úrico o

<sup>17</sup> LOPEZ, Jorge. Op. cit., p. 36.

<sup>18</sup> VÁSQUEZ, Wálter. Nutrición y alimentación peces. En : Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura de Colombia, Bogotá, 2001. p. 125-146.

urea, caso de las aves y mamíferos, respectivamente, quienes además los excretan vía urinaria, la forma hidrodinámica del cuerpo de la mayoría de los peces y su densidad corporal similar a la del agua, les permite desplazarse con mucha facilidad en todas las direcciones dentro de este medio, con mínimo gasto energético.

Según NRC<sup>19</sup>, los animales incluyendo los peces obtienen su energía catabolizando carbohidratos, lípidos y aminoácidos obtenidos del alimento; por ello es importante que las raciones contengan un nivel energético óptimo ya que un exceso o defecto de energía puede resultar en una reducción de la tasa de crecimiento. El exceso provocará una disminución en la ingestión del alimento, y por otro lado, dará lugar a una deposición excesiva de grasas en el cuerpo del pez al contrario, una dieta con una densidad energética baja, hará que el pez utilice los nutrientes ofrecidos en la ración, en primera instancia la proteína, para cubrir sus requerimientos de energía en lugar de canalizarlos para la síntesis de tejido nuevo, esto es, para crecimiento.

**4.6.2 Requerimientos de Proteínas.** De acuerdo con NRC<sup>20</sup> las necesidades de proteína significan la cantidad mínima necesaria de aminoácidos requeridos para un máximo crecimiento, según determinadas condiciones de la especie y el medio ambiente. Según Vásquez y Arias<sup>21</sup> de todos los compuestos que hacen parte del cuerpo de los animales, la proteína es el más importante por varias razones: es el constituyente básico de las células, representa después del agua el grupo químico más abundante en ellas, como nutriente es utilizado para el crecimiento y como fuente de energía y como ingrediente en dietas artificiales, es el componente más escaso y costoso. Numerosos trabajos han sido realizados para determinar los requerimientos nutricionales para la mayoría de las especies de peces de cultivo, especialmente para definir los niveles óptimos de proteína en las dietas y el balance más eficiente de aminoácidos esenciales. Los niveles de proteína bruta requeridos para un óptimo crecimiento varían en las diferentes especies con las condiciones de cultivo, condiciones ambientales y estado fisiológico y de desarrollo de los individuos.

Para Hidalgo y Alliot<sup>22</sup> cuando hay desequilibrio entre la proporción de proteína y las demás fuentes de energía, carbohidratos y lípidos, la proteína es metabolizada para producir energía. No siempre una ración con alto contenido de proteína promueve el mejor desempeño productivo de los peces; más importante que la cantidad es su calidad, es decir, su valor biológico el cual está determinado por el perfil de

---

<sup>19</sup> NRC. Nutrients requirements of fish. Comité on Animal Nutrition Borrada on Agricultura National Research COUNCIL, National Academia Pres. Washington.1993. p. 114.

<sup>20</sup> NRC. Op. cit., p. 20.

<sup>21</sup> VÁSQUEZ, Walter y ARIAS Alfredo. Exigencias de proteína, carbohidratos y lípidos en dietas para juveniles de cachama blanca *Pyaractus brachipomus*. Memorias VIII jornada de acuicultura. Universidad de los Llanos Villavicencio. Colombia. Noviembre 1 de 2002, p.76.

<sup>22</sup> HIDALGO, F y ALLIOT, E. La digestión en los peces. Madrid, España. Espinosa de los monteros, Labarta editores, 1987. p. 300.

aminoácidos esenciales, ya que son estos los que finalmente serán depositados en los tejidos bajo la forma de nuevas proteínas. De acuerdo con López<sup>23</sup>, las necesidades de proteína en porcentaje de la dieta son más altas en los individuos jóvenes que en los adultos debido a que en los alevinos se requiere proteína no sólo para los procesos de renovación, remodelación y reconstrucción de tejidos, sino también para la acumulación de nuevos tejidos. La proteína es uno de los ingredientes más costosos de la dieta. Por esta razón, es económicamente deseable que el contenido proteico de la dieta sea mínimo pero que asegure tasas de crecimiento aceptable.

**4.6.3 Requerimientos de aminoácidos.** Según Lovell<sup>24</sup> los aminoácidos son la unidades constituyentes de la proteínas, y por lo mismo, esenciales en la formación y regeneración de tejidos diversos tales como músculos, huesos, piel, células sanguíneas, enzimas, etc. Existen dos grupos de aminoácidos: los esenciales y los no esenciales. Los primeros no pueden ser sintetizados por el organismo en cantidades adecuadas para satisfacer sus necesidades metabólicas y por lo tanto, deben adquirirlas a partir de la dieta.

De acuerdo con el NRC<sup>25</sup>, en todos los estudios realizados en peces se ha establecido un requerimiento absoluto de 10 aminoácidos indispensables como son: arginina, histidina, fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina. La cuantificación del requerimiento de aminoácidos indispensables, ha sido posible mediante curvas, dosis, respuesta medida en ganancia de peso. En muchas especies ícticas las tasas de crecimiento producidas por dietas con grandes cantidades de aminoácidos libres, son inferiores a las dietas con una composición similar de aminoácidos en donde el componente de nitrógeno se encuentra en forma de proteína.

Para Martínez<sup>26</sup> los aminoácidos no esenciales glicina, prolina, tirosina, serina, cisteína, cistina, alanina, glutamina, ácido aspártico y ácido glutámico son igualmente importantes en la estructura proteica, sin embargo, si hay deficiencia en la ingestión de uno o varios de ellos, estos pueden ser sintetizados a nivel celular a partir de aminoácidos esenciales o precursores conteniendo carbono y nitrógeno; por lo tanto, no representan problema desde el punto de vista de la nutrición.

---

<sup>23</sup> LOPEZ, Jorge. Op. cit., p.10.

<sup>24</sup> LOVELL, T. Nutrición y alimentación en peces. En: Nutrición en Acuicultura. Vol. 2, N°. 9 ( jun.-dic. 1987); p. 68

<sup>25</sup> NRC. Op. cit., p. 33-34.

<sup>26</sup> MARTÍNEZ, Eduardo. Diseño de alimento para peces. En: Segundo Seminario Nacional. Presente y Futuro de la Acuicultura en Colombia. 1990. p. 98

**4.6.4 Requerimientos de lípidos.** Según Lovell<sup>27</sup> los lípidos comprenden un grande y variado grupo de compuestos orgánicos que son insolubles en agua pero solubles en solventes orgánicos nutricionalmente representan fuentes de energía concentrada, pigmentos y factores esenciales para el crecimiento de los peces.

Para López<sup>28</sup>, los lípidos, en especial los fosfolípidos y esteroides desempeñan un papel importante en la estructura de las membranas biológicas tanto a nivel celular como subcelular. Estos nutrientes se encuentran relacionados con el sabor y consistencia no solo de los alimentos consumidos por los peces, sino que influye positivamente en las características del filete de los mismos. Además constituyen la estructura de muchas sustancias como las hormonas, intervienen en el metabolismo de otras y forman las cadenas de ácidos grasos polinsaturados los cuales a su vez son precursores de prostaglandinas. Además, New, citado por López<sup>29</sup> considera que los lípidos son una fuente concentrada de energía (9.2 kcal de energía bruta por g de grasa) y como nutrientes esenciales para el crecimiento y supervivencia de los peces de aguas frías, medias y cálidas, por otra parte, y al mismo tiempo son el vehículo para la absorción de vitaminas liposolubles.

De acuerdo con Watanabe<sup>30</sup> los peces requieren lípidos en la dieta, grasas y aceites principalmente, para utilizarlos como fuente de energía metabólica y de ácidos grasos indispensables. Fisiológicamente los ácidos grasos libres constituyen la principal fuente de combustible aerobio para el metabolismo energético del músculo de los peces. El mismo autor afirma que los lípidos presentan otras funciones como la de ser transportadores de ciertos nutrientes no grasos, principalmente vitaminas liposolubles A, D, E, K.

Por otra parte Hepper<sup>31</sup> comprobó que los lípidos son importantes para la estructura y función de las membranas celulares, especialmente los ácidos grasos omega 3 en peces de agua fría, mientras que los organismos de aguas cálidas como las carpas y las tilapias demandan principalmente ácidos grasos de la serie omega 6. La principal fuente energética de las dietas para peces son los lípidos su nivel fluctúa entre 10-20% para peces de agua fría y de 5-10% para peces de aguas cálidas.

---

<sup>27</sup> LOVELL, T. Op cit., p.30.

<sup>28</sup> LOPEZ, Jorge. Op. cit., p.21-22.

<sup>29</sup> Ibíd. p 21.

<sup>30</sup> WATANABE, Takeshi. Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. En: Comisión asesora de investigación científica y técnica CAICYT. Nutrición en acuicultura II. Madrid: U. Labarta editores, 1987.p. 99-110.

<sup>31</sup> HEPPEL, Balfour y PRUGININ, Yoel. Cultivo de peces comerciales. México: Editorial Limusa, 1988. 316. p.

**4.6.5. Requerimientos de carbohidratos.** Según Vásquez<sup>32</sup> los carbohidratos usualmente son definidos como sustancias compuestas de unidades de azúcares que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. En el cuerpo de los animales la presencia de tal compuesto es relativamente baja en comparación con la proteína y las grasas. En contraste, en los organismos vegetales es el compuesto más abundante. Lovell<sup>33</sup>, asegura que aunque los carbohidratos son una importante fuente de energía y hacen parte de un gran número de metabolitos intermediarios en el organismo de los peces tales como la glucosa sanguínea, nucleótidos, glucoproteínas, etc., no son considerados nutrientes esenciales. Por otra parte el mismo autor afirma que se ha demostrado que la ausencia de dichos nutrientes en la dieta reduce significativamente la ganancia de peso diario como consecuencia directa de una hipotrofia muscular, la cual ocasiona una reducción del tamaño celular hasta en un 50%.

De acuerdo con Tacon citado por Vásquez<sup>34</sup>, parte de las dificultades para establecer el requerimiento y el nivel de exigencias de carbohidratos tiene que ver con el hecho de que los peces pueden sintetizar, vía glucogénesis, lo que necesiten, básicamente a partir de substratos no carbohidratos, tales como la proteína y lípidos y también porque pueden satisfacer sus necesidades energéticas a través del catabolismo de proteínas y lípidos solamente. A pesar de las dificultades para establecer dichos requerimientos dietéticos, no existe duda que dentro del organismo realizan importantes funciones biológicas. la glucosa por ejemplo, producto final de la digestión de los carbohidratos, actúa como la principal fuente energética para el tejido nervioso, para el cerebro y también como intermediario metabólico en la síntesis de muchos compuestos biológicamente importantes tales como los ácidos nucleicos ARN y ADN y los mucopolisacáridos de las secreciones mucosas.

El mismo autor manifiesta que si los carbohidratos no están presentes en la dieta, las proteínas en general y los aminoácidos esenciales, así como los ácidos grasos esenciales y diferentes metabolitos intermediarios en la síntesis de compuestos vitales para el organismo, son catabolizados para producir energía retrasando el crecimiento.

Según López<sup>35</sup> se han descrito tasas de crecimiento reducidas en alevinos de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) cuando se suministran dietas experimentales isonitrogenadas e isoproteínicas que no contenían carbohidratos, por esta razón debe

---

<sup>32</sup> VÁSQUEZ, Walter. Nutrientes esenciales: Función y necesidades en la dieta para peces. html. [cd room] Colombia: Universidad de los Llanos. Diciembre. 2002. [Noviembre 2004]. Disponibilidad: [www.iiall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS\\_VALIDAS/contenidos.pdf](http://www.iiall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/contenidos.pdf).

<sup>33</sup> LOVELL, T. Op cit., p.54.

<sup>34</sup> VÁSQUEZ, Walter. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Villavicencio Colombia: Universidad de los Llanos, 2004. p .35.

<sup>35</sup> LOPEZ, Jorge. Op. cit., p.36.

incluirse necesariamente alguna forma de carbohidratos digestibles en dietas para peces. Igualmente los carbohidratos sirven como precursores de varios compuestos metabólicos indispensables en el crecimiento y desarrollo, por tanto la ausencia de carbohidratos o lípidos en la ración, obliga a los peces a disponer únicamente de la proteína para cubrir sus necesidades energéticas; pero cuando otras fuentes de energía están presentes en el alimento, la proteína puede ser utilizada para funciones de crecimiento y producción y no se emplea en su totalidad como fuente de energética. En consecuencia, los carbohidratos sirven para aumentar la eficiencia de la proteína dietética.

**4.6.6. Requerimiento de Fibra.** De acuerdo con López<sup>36</sup>, la fibra no es un requerimiento nutricional pero si un requerimiento fisiológico, debido a que regula la tasa de pasaje intestinal. La fibra esta representada por la celulosa, la hemicelulosa, pectina, y un componente asociado a la fibra como la lignina. Por consiguiente una fracción alta de ésta en las dietas de peces, ejerce una influencia negativa en la digestibilidad de los nutrientes y en la velocidad de absorción. Los niveles máximos permitidos en alimentos para peces son del 6%.

**4.6.7 Requerimientos de vitaminas.** Según López<sup>37</sup> las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en cantidades muy pequeñas y obtenidos a partir de fuentes exógenas como la dieta o mediante síntesis microbiana intestinal y son indispensables para el crecimiento y funcionamiento normal de los animales.

Los requerimientos vitamínicos de los peces son similares a los animales terrestres, con la excepción de la vitamina C (Ácido ascórbico) que no es sintetizada por los peces. La mayoría de las especies ícticas requieren las siguientes vitaminas: A, D, E, menadiona, tiamina, riboflavina, pirodoxina, ácido ascórbico, niacina, ácido fólico, vitamina B12 Biotina, Inositol, Colina.

Vásquez<sup>38</sup> afirma que las vitaminas son consideradas compuestos esenciales porque actúan como componentes o cofactores enzimáticos en diferentes procesos metabólicos (metabolismo energético, de aminoácidos, oxidación, síntesis de proteínas, ácidos grasos, triglicéridos; hemoglobina de las células sanguínea y transmisión de impulsos nerviosos, etc.) y presentan funciones fisiológicas específicas esenciales para el crecimiento, reproducción y salud de los peces. El mismo autor asegura que la participación de las vitaminas en el metabolismo de los peces es muy amplia y diversa. Su deficiencia en la dieta manifiesta en enfermedades, generalmente irreversibles. A pesar de que la mayoría de las vitaminas se encuentran presentes en los ingredientes comúnmente utilizados en la fabricación de raciones, especialmente en las harinas de pescado, tortas, aceites vegetales, granos y cereales

---

<sup>36</sup> Ibíd. p 36.

<sup>37</sup> Ibíd. p 44-45.

<sup>38</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 15.

y sus subproductos, no siempre están presentes en forma disponible o en las cantidades requeridas por el pez, razón por la cual es recomendable la utilización de suplementos vitamínicos para garantizar calidad y niveles mínimos en raciones comerciales.

**4.6.8 Requerimientos de minerales.** Según Vásquez<sup>39</sup> los minerales son elementos químicos inorgánicos que hacen parte del organismo de los peces, son necesarios para su correcto desarrollo y funcionamiento y se requieren en cantidades semejantes a las exigidas por otros animales domésticos; sin embargo, es importante anotar que existe una gran diferencia en lo que respecta a la forma como estos son absorbidos del medio externo; para los animales terrestres la única vía es a partir de los alimentos y el agua ingeridos, en tanto que para los organismos acuáticos, además de este mecanismo existe la alternativa de absorberlos directamente del agua, en donde la mayoría están disueltos, a través de las branquias y de la piel. El mismo autor considera que los minerales más importantes son el Ca, P y Mg, principalmente porque componen la mayor parte de los tejidos estructurales.

Según López<sup>40</sup> el calcio y el fósforo se requieren para la formación del tejido óseo, el calcio se localiza fundamentalmente en los huesos y las escamas, además este mineral es fundamental en la coagulación de la sangre, contracción muscular, apropiada transmisión del impulso nervioso, osmorregulación y es un cofactor en diferentes sistemas enzimáticos. El mismo autor argumenta que la cantidad de calcio en las escamas de tilapias, carpas y salmónidos representa del 19 al 24% del peso con base en materia seca, sin embargo la cantidad de este mineral en las escamas de las especies mencionadas disminuye con el desove y el poco consumo de alimento.

De acuerdo con El N.R.C citado por López<sup>41</sup> el fósforo hace parte de una gran variedad de compuestos fosforados orgánicos que son vitales para muchos procesos metabólicos, es un constituyente del adenosin trifosfato (ATP), de los fosfolípidos, de los ácidos desoxiribonucleico y ribonucleico y de distintas coenzimas. Por consiguiente, el fósforo interviene en la transformación de la energía, en la permeabilidad de la membrana, en los códigos genéticos y en el control general de la reproducción y crecimiento.

Vásquez<sup>42</sup>, manifiesta que algunas de las funciones del Mg dentro del organismo de los peces son: ser componente de huesos, cartílago y exoesqueleto de crustáceos; activador de diversas enzimas del metabolismo intermediario; participa en los procesos de irritabilidad de músculos y nervios, metabolismo de carbohidratos y proteína y en la regulación ácido-básica de los fluidos extracelulares.

---

<sup>39</sup> *Ibíd.* p 53.

<sup>40</sup> LÓPEZ, Jorge. *Op cit.* p. 75-76.

<sup>41</sup> *Ibíd.* p 76.

<sup>42</sup> VÁSQUEZ, Walter. *Op cit.* p. 55.

El N.R.C.<sup>43</sup> comprobó que las investigaciones para determinar las necesidades de los peces de elementos mayores y menores, han sido difíciles de realizar debido a que es imposible formular en la práctica experimental dietas deficientes en uno o varios minerales específicos para determinar su efecto sobre el crecimiento, además los peces de agua dulce toman minerales del agua a través de las branquias como sucede con el Calcio, en cantidades suficientes y necesarias asegurando el crecimiento y supervivencia de los ejemplares en estudio.

#### 4.7 DIGESTIBILIDAD

Según Cho<sup>44</sup> los coeficientes de digestibilidad permiten establecer la calidad biológica de las materias primas constituyentes de una dieta. El primer paso para evaluar el potencial de cualquier ingrediente para incluirlo en una dieta es la cuantificación de su digestibilidad (pérdidas fecales). Es difícil separar las heces de peces del agua y evitar la contaminación de las heces por el alimento no consumido, sino se dispone de acuarios metabólicos que permitan recolectar las heces antes de su lixiviación. De acuerdo con el anterior autor, este problema ha incentivado el uso de métodos diferentes a los usados para medir la digestibilidad en mamíferos y aves. Se han obtenido muestras del contenido del recto manualmente por masaje abdominal del pez, exprimiendo suavemente para sacar el material fecal del recto o se aplica succión en el ano o se disecciona al pez.

Cho<sup>45</sup>, comprobó que al forzar la evacuación de la materia fecal del recto se produce una contaminación de las muestras con fluido fisiológico y epitelio intestinal. Este tipo de métodos involucra el manejo frecuente de los peces causándoles estrés, además, estos factores afectan grandemente la confiabilidad, en general, induce a una subestimación de la digestibilidad. Smith, citado por Vargas<sup>46</sup>, afirma que otros métodos se han apoyado en la recolección de heces evacuadas naturalmente por el pez. La cámara metabólica de Smith (1971) citado por Vargas (2001), fue utilizada para recolectar muestras de heces que fueron evacuadas naturalmente en el agua por el pez, pero el estrés sobre el pez por esta técnica y el balance negativo de energía obtenido por este, limita la validez de la estimación.

---

<sup>43</sup> N.R.C. Op cit. p. 84-85

<sup>44</sup> CHO, Young, La energía en la nutrición de los peces. En: Comisión asesora de investigación científica y técnica CAYCIT. Nutrición en acuicultura II. . Madrid: U. Labarta 1987. p 201-220.

<sup>45</sup> Ibid-p-222.

<sup>46</sup> VARGAS, Janeth. Evaluación de los coeficientes de digestibilidad mediante oxido crómico de una dieta con base en los subproductos de harina de matadero de aves (HMDA) en la alimentación de alevinos de tilapia roja. Popayán, p. 2002. .25-40. Trabajo de grado (M.Sc. Recursos hídricos) Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación.

Watanabe y Cho<sup>47</sup>, usaron una columna de sedimentación para separar las heces del afluyente de agua ( Sistema Guelph ) y adaptaron una criba mecánica rotatoria para filtrar y sacar del agua el material fecal (Sistema St-Pe). Los sistemas Guelph y St-Pe han sido replicados en varios laboratorios alrededor del mundo y pueden ser considerados como igualmente confiables. En un estudio reciente comparando el método de columna TUF y el sistema Guelph, se obtuvieron coeficientes de digestibilidad aparente muy similares con los dos sistemas para dietas prácticas.

**4.7.1 Digestibilidad de la proteína.** Según Nose<sup>48</sup>, la digestión es el proceso por el cual el alimento contenido en el tracto digestivo es degradado en compuestos más simples que pasarán a través de las paredes intestinales para ser absorbidos en el torrente circulatorio. Las proteínas son hidrolizadas para convertirlas en aminoácidos libres, o en cadenas peptídicas cortas. Por su parte López<sup>49</sup> argumenta que la digestión propiamente dicha se inicia en el estómago o en el intestino anterior en los peces que carecen de aquel, pero el metabolismo de desaminación y transaminación ocurre en el hígado.

Las exigencias cuantitativas y digestibilidad de la proteína en peces han sido tradicionalmente determinadas mediante el suministro de dietas experimentales, de esta manera Ogino citado por Vásquez<sup>50</sup>, determinó los requerimientos cuantitativos de todos los aminoácidos esenciales simultáneamente, en este caso los peces fueron alimentados con una dieta que contiene una fuente proteica completa y de alto valor biológico, es decir contiene una alta digestibilidad el requerimiento dietético de aminoácidos esenciales se contabiliza tomando como base el valor de la deposición diaria de aminoácidos en el tejido.

Por otra parte Vásquez<sup>51</sup> argumenta que es evidente que la calidad de proteína en los ingredientes alimenticios utilizados en la fabricación de raciones para peces depende de la composición de aminoácidos que la caracteriza y de la disponibilidad biológica de los mismos. En general entre más se aproxime el patrón de aminoácidos esenciales de la proteína a los requerimientos dietéticos de aminoácidos esenciales de la especie en cuestión, mayor será su valor nutricional y así mismo, su utilización. Lo anterior lo confirman Stickney y Lovell citados por López<sup>52</sup> quienes calcularon coeficientes de digestibilidad de varias fuentes proteicas, usadas en dietas para bagre

---

<sup>47</sup> WATANABE, Takeshi y CHO, Young. *Finfish nutrition in Asia Methodological approaches to researches and development*, Ottawa: Canada print, 1985.p. 51-53.

<sup>48</sup> NOSE. Thomas, *On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus*) and rainbow trout (*Salmo irideus*)*. Tokio: Interamericana, 1990.p. 10-12.

<sup>49</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 10-11.

<sup>50</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 26.

<sup>51</sup> *Ibíd.*, p. 28

<sup>52</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 21.

de canal (*Ictalurus punctatus*), dichos valores determinados, son útiles en la formulación de raciones, con base en el contenido de proteína bruta siempre y cuando, se asuma que todos los aminoácidos, en las fuentes proteicas, sean igualmente disponibles.

Vásquez<sup>53</sup> sostiene que no todos los alimentos con altos contenidos de proteína que normalmente son empleados para la fabricación de raciones para peces poseen balance adecuado de aminoácidos esenciales, es el caso de la harina de plumas, que tiene el 82% de proteína bruta, presenta un pésimo equilibrio de aminoácidos esenciales siendo deficiente en lisina, metionina, fenilalanina y triptófano, mientras que en otro caso la torta de solla, que tan solo contiene 45%

de proteína bruta, presenta un mejor balance de aminoácidos esenciales, apenas deficiente en metionina; por esta razón se considera a la torta de solla una proteína de alto valor biológico o, dicho de otra forma de alta digestibilidad. La harina de sangre es otro ejemplo; a pesar de contener cerca de 72% de proteína bruta, es deficiente en isoleucina y metionina y además, tiene baja digestibilidad y deficiente perfil de aminoácidos con respecto a las necesidades de los peces en general. En cambio la harina de pescado, que normalmente contiene entre 55 y 60% de proteína, presenta un perfil de aminoácidos óptimo, es decir de alto valor biológico y alta digestibilidad; desde el punto de vista económico, las harinas de pescado tienen el inconveniente de ser materias primas cada día mas escasas y alta mente costosas.

**4.7.2 Digestibilidad de lípidos.** De acuerdo con Farkas citado por Hepper<sup>54</sup> la mayoría de especies ícticas de agua dulce no pueden sintetizar los ácidos grasos de las series omega 6 (linoléico) y omega 3 (linolénico) por esta razón deben administrarse en la dieta. Watanabe<sup>55</sup>, considera que al igual que algunos aminoácidos son indispensables, también ocurre con los ácidos grasos, ya que el pez no los puede sintetizar y cuando consigue hacerlo, las cantidades son insuficientes para cubrir sus necesidades; por tanto, deben tenerlos directamente de los alimentos ingeridos.

Por su parte Alava y Kanazawa citados por Vásquez<sup>56</sup> argumentan que para un normal crecimiento y sobrevivencia, las exigencias de estos ácidos grasos esenciales pueden ser bastante diferentes entre especies ya que algunas tienen necesidades específicas de uno u otros ácidos grasos esenciales, en tanto que otras tienen capacidad para aumentar y modificar cadenas cortas de los ácidos grasos no esenciales para atender sus requerimientos.

---

<sup>53</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 28.

<sup>54</sup> HEPPEL, Balfour y PRUGININ, Yoel. Op cit. p.23-25.

<sup>55</sup> WATANABE, Takeshi y CHO, Young. Op cit. p 65-66.

<sup>56</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 32.

Los anteriores autores determinaron que los peces de agua fría como las truchas y marinos como el salmón, requieren principalmente ácidos grasos polinsaturados de las familias omega 3 (w-3) tales como el linolénico (18:3w-3), eicosapentanoico (20:5w-3) y docosahexaenoico (22.6w-3), abundantes en los organismos planctónicos y en los productos de origen marino en general, en el caso de las tilapias, peces de aguas tropicales, requieren únicamente de ácidos grasos de la serie w-6 como el linoléico (18:2w-6) y el araquidónico (20:4w-6) presentes en los aceites de origen vegetal. Sin embargo, observaron que algunos peces tropicales de agua dulce como las carpas y el bagre de canal requieren de las dos series. Lo anterior también es confirmado por Lovell citado por López<sup>57</sup>, quien demostró que en el caso de los peces de aguas cálidas, la mayoría requieren una mezcla de ácidos grasos de la serie omega 3 y omega 6, sin embargo la *Tilapia zilli* como varias especie del género Tilapia, necesitan únicamente ácidos grasos de la serie omega 6, el mismo autor afirma que la temperatura y las diversas condiciones medio ambientales, como la salinidad, pueden afectar los requerimientos de ácidos grasos esenciales en los cíclidos.

Watanabe<sup>58</sup>, manifiesta que los lípidos como ingredientes para raciones de peces, son los que poseen mayor contenido de energía; sin embargo desde el punto de vista de la manufactura industrial de raciones no pueden utilizarse altos niveles de grasas en las fórmulas porque pueden causar problemas durante el proceso de peletización o también, desarrollar enranciamiento cuando las raciones son almacenadas por mucho tiempo, otros efectos negativos de cantidades excesivas son: disminución del consumo de alimento afectando directamente el crecimiento del pez, alteración de los procesos de digestión y asimilación de si mismo y por consiguiente disminuyendo la digestibilidad de la dieta.

Chou y Shiau citados por Vásquez<sup>59</sup> determinaron que para tilapias 12% de lípidos en la dieta eran necesarios para generar máxima respuesta de crecimiento. según estos autores, niveles mayores de 15% afectaban negativamente el crecimiento y la eficiencia de utilización de la proteína. Para la cachama blanca Vásquez observó excelentes resultados de crecimiento de juveniles alimentados con dietas que contenían 4% de lípidos en tanto que, con niveles de 8% o mayores, el desempeño resultaba negativamente afectado, incluyendo tendencia a la acumulación de grasa corporal.

**4.7.3 Digestibilidad de carbohidratos.** Según Chow y Halver citados por López<sup>60</sup> los carbohidratos son considerados la forma menos costosa de la energía dietética, tanto para el hombre como para los animales domésticos; sin embargo, su disponibilidad

---

<sup>57</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 21.

<sup>58</sup> WATANABE, Takeshi. Op cit. p. 112.

<sup>59</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 33.

<sup>60</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 31.

para los peces, varía con su complejidad, tratamiento térmico y nivel de la dieta. desafortunadamente la información disponible sobre su digestibilidad y metabolismo es muy limitada. López<sup>61</sup> argumenta que la enzimas para la digestión de los carbohidratos, han sido determinadas en diferentes peces y se ha comprobado a través de distintas investigaciones, que los carbohidratos son absorbido como azúcares simples. sin embargo, no se tiene claridad sobre el papel de los carbohidratos dietéticos y la contribución de la glucosa al total de la energía de los peces. Por tal razón la eficiencia metabólica de los hidratos de carbono de la dieta por parte de los peces, parece diferir con la complejidad de los mismos.

El mismo autor manifiesta que en el caso de animales omnívoros como el bagre de canal (*I. punctatus*), utilizan más fácilmente polisacáridos tales como los almidones y dextrinas para crecimiento que disacáridos o monosacáridos, y que la carpa común (*Cyprinus carpio*) metaboliza en forma más eficiente los carbohidratos de la dieta, que otros peces como los salmónidos. Sin embargo, niveles de dextrina superiores al 40% en la dieta pueden causar un retraso en el crecimiento. Garling y Wilson citados por López<sup>62</sup> determinaron que los carbohidratos en porcentajes máximos del 25% de la dieta, son utilizados tan eficientemente como los lípidos, con fines energéticos en dietas para las anteriores especies mencionadas.

Al igual Fadul<sup>63</sup> asegura que los peces herbívoros y omnívoros, como la Cachama, utilizan mejor los carbohidratos, comparados con los peces carnívoros, sin embargo, el músculo de los peces casi no tiene carbohidratos, por esta razón los utiliza exclusivamente como fuente de energía. Además Zamora<sup>64</sup>, afirma que los carbohidratos son la fuente de energía dietética que ayuda a mejorar la calidad del pellet de las dietas comerciales.

Por otra parte López<sup>65</sup> sustenta que los carbohidratos son la fuente de energía para varios tejidos cerebrales, glóbulos rojos, músculo blanco y forman parte de los mucopolisacáridos razón por la cual a pesar de la tolerancia a la baja disponibilidad de los carbohidratos en los peces, estos son indispensables en la dieta.

**4.7.4 Digestibilidad de la fibra.** De acuerdo con NRC<sup>66</sup> en los ciprínidos se ha evidenciado una buena digestión de celulosa, lo cual se explica por la presencia de

---

<sup>61</sup> Ibíd., p. 31-32.

<sup>62</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 35.

<sup>63</sup> FADUL, Mónica. Nutrición y alimentación de peces. En: Fundamentos de Acuicultura continental. Vol. 3. N°14 (ene.-jun. 1993) ; p. 149.

<sup>64</sup> ZAMORA, S y ECHAVARRIA, G. Los Carbohidratos en la Nutrición de Peces. En: Nutrición Acuícola, 1993. p. 75.

<sup>65</sup> LOPEZ, Jorge. Op cit p. 35

<sup>66</sup> NRC, Op cit. p. 44-46.

una abundante flora bacteriana intestinal que podría tener capacidad para digerir celulosa. La mayoría de los peces omnívoros y piscívoros carecen de celulosa o la presentan en cantidades reducidas, registrando mejor actividad los peces que incluyen en su alimentación un gran porcentaje de invertebrados. Según Castillo<sup>67</sup> la digestibilidad de la fibra es muy baja, menos del 10%, se recomienda normalmente en Tilapias rangos entre 4-6%, facilitando el paso de alimento a través del tracto digestivo.

#### **4.8 PROPORCIÓN DE PROTEÍNA Y ENERGÍA EN DIETAS**

Lovell<sup>68</sup>, afirma que los peces usan eficientemente la proteína como fuente de energía; de hecho, un mayor porcentaje de la energía digestible de la proteína es metabolizada por los peces en comparación con los animales terrestres; en parte esto es atribuido al eficiente mecanismo de excreción de nitrógeno de los peces. Por otra parte el mismo autor afirma que el gasto energético asociado con el metabolismo de asimilación de proteína puede ser reducido por la presencia de lípidos y carbohidratos en la dieta; esta respuesta metabólica conocida como “ efecto de economía de proteína” ha sido demostrada en muchas especies de peces.

Según Britz y Hecht citados por Vásquez<sup>69</sup> para que un pez alcance la velocidad máxima de crecimiento, la tasa de acumulación de proteína tiene que ser máxima, esto solamente es posible cuando la dieta consumida tienen energía y proteína de alta digestibilidad, en niveles y proporciones adecuadas. Desequilibrios en esta proporción por excesivas cantidades de proteína bruta con relación a las cantidades de energía de origen no proteico, conducen a procesos catabólicos de desaminación, es decir, a la utilización de los aminoácidos como fuente de energía y no para deposición que es lo deseable. Así mismo Aksnes et al., citado por Vásquez<sup>70</sup>, argumenta que excesos de energía en la dieta con respecto a la proteína conducen a una deficiente ingesta de proteína y de otros nutrientes, ya que como fue dicho antes, los peces consumen alimento para satisfacer principalmente su requerimiento energético y en ambos casos el resultado es un retraso en el crecimiento. Por su parte Xie et al., citado por el anterior autor demostraron que la tilapia presentaba una baja eficiencia de crecimiento y una alta tasa de gasto metabólico de energía cuando era alimentada con raciones cuya proteína era de bajo valor biológico.

---

<sup>67</sup> CASTILLO, Luis . Tilapia roja 2001.Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito. html. [on line] Colombia: Abril 2001.Colombia. [Enero 2005]. Disponibilidad: <http://www.canola-council.org/pubs/mealguide/especiales.pdf>

<sup>68</sup> LOVELL, T. Op cit., p.70.

<sup>69</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 40.

<sup>70</sup> *Ibíd.*, p.40.

#### 4.9 ENERGÍA DIGESTIBLE

Según Lopez<sup>71</sup> el contenido de energía bruta de un alimento , no es una medida exacta del valor energético para el animal. Los valores de energía bruta y energía digestible para los diferentes propósitos productivos, varían ampliamente con las distintas materias primas utilizadas en las dietas, siendo el factor más importante la digestibilidad. Por tanto, la energía digestible es la diferencia entre la energía bruta del alimento consumido y la energía perdida a través de las heces. El mismo autor manifiesta que la energía digestible en los peces, puede ser determinada directa o indirectamente. En el método directo, se debe cuantificar el alimento consumido y el total de heces excretadas; posteriormente se determina el nivel energético de las heces y del alimento. De acuerdo con Lovell citado por López<sup>72</sup> el porcentaje de energía digestible de un alimento, se establece mediante la siguiente formula:

$$ED = \text{Energía bruta del alimento} - \text{Energía bruta de las heces}$$

La NRC<sup>73</sup> manifiesta que los animales incluyendo los peces obtienen su energía catabolizando carbohidratos, lípidos y aminoácidos obtenidos del alimento; por ello es importante que las raciones contengan un nivel energético óptimo ya que un exceso o defecto de energía puede resultar en una reducción de las tasas de crecimiento. Por su parte Vásquez<sup>74</sup> manifiesta que en el proceso de transformación de la energía contenida en el alimento en energía disponible para el metabolismo y el crecimiento, siempre hay una considerable proporción que se pierde por excreción o disipada en la forma de calor. De manera general, las exigencias de los peces son expresadas en términos de energía digestible, que corresponde a la fracción que el organismo efectivamente absorbe con los nutrientes después de la digestión de los alimentos. Esta fracción es equivalente al total ingerido con el alimento menos la energía excretada con la materia fecal.

El mismo autor afirma que del total de la energía absorbida solamente una fracción queda disponible para el animal como energía neta, después de descontar la energía perdida como calor de producción ( proceso de digestión, absorción y excreción y formación de productos y desechos); parte de esta energía neta es utilizada para el mantenimiento, metabolismo basal y actividad voluntaria; en síntesis aproximadamente 70% de la energía ingerida es perdida como alimento no absorbido (heces), por excreción metabólica y como calor. De cualquier manera, tales pérdidas energéticas variarán dependiendo de la composición y digestibilidad de los ingredientes alimenticios utilizados, del régimen de alimentación, de la temperatura del agua, el tamaño del pez y de su estado fisiológico, entre otros factores ( Fig. 4).

---

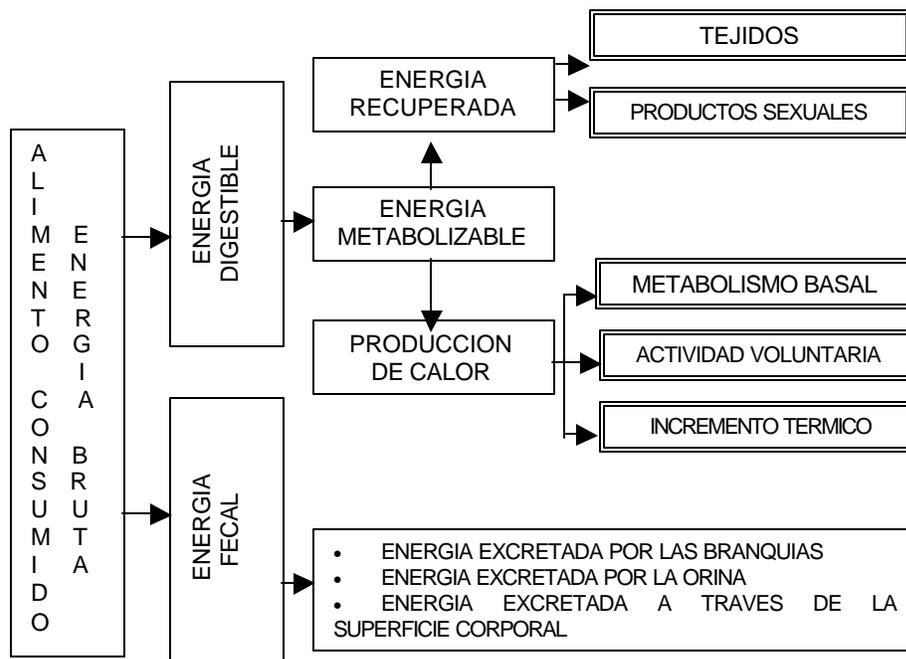
<sup>71</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 75-76.

<sup>72</sup> *Ibíd.*, p. 51.

<sup>73</sup> N.R.C, 1993. Op cit. p. 89.

<sup>74</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 55.

**Figura 4. Representación esquemática del flujo de la energía ingerida con el alimento en los peces**



Fuente Lòpez, 1997

Según Cho<sup>75</sup> de lo expuesto anteriormente resulta evidente que los requerimientos energéticos, para el mantenimiento y o para las actividades de nado voluntario, deberán ser satisfechos antes de poder contar con energía disponible para el crecimiento. Por lo tanto, y dado que los peces, a semejanza de otros animales comen para satisfacer en primera instancia sus requerimientos energéticos, es necesario que tengan un acceso no restringido al alimento y que reciban una ración con una densidad energética adecuada que les garantice el cubrimiento de todas sus necesidades para mantenimiento y crecimiento.

Vásquez<sup>76</sup> manifiesta que debido a las diferencias en la capacidad de digerir el alimento de las diferentes especies de peces y a la diversidad de materias primas usadas en la fabricación de raciones, los valores de energía digestible de los ingredientes, expresados en Kcal/Kg, varían de acuerdo con la especie de pez y con el material alimenticio. La energía digestible también puede variar en función de la calidad de los ingredientes, del tipo de procesamiento a que hayan sido sometidos para su obtención, como en el caso de las tortas y salvados y también, del tipo de mezclas y procesamiento que rehaga la fabricación de las raciones (molienda, peletización, extrudización, etc.).

<sup>75</sup> CHO, Young, Op cit. p.95-18.

<sup>76</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 39.

El mismo autor afirma que la energía digestible de una ración generalmente es mayor cuanto más fino sea el tamaño de las partículas después de la molienda, el proceso de extrudización, por involucrar altas temperaturas, presencia de humedad y alta presión, resulta en una mayor desintegración de las partículas de alimento y en una mayor gelatinización del almidón ocurre en menor grado por lo que la desintegración del alimento es menor con la extruido.

#### **4.10 EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS PECES**

De acuerdo con Smith y Lovell citados por López<sup>77</sup>, los peces son los animales más eficientes en la utilización de las proteínas para la formación de nuevos tejidos, como también se ha demostrado que los organismos hidrobiológicos de cultivo utilizan las proteínas, azúcares, dextrinas, almidones y triglicéridos como fuentes energéticas.

Según López<sup>78</sup> la energía metabolizable disponible en las materias primas proteínicas, es mucho más alta para peces, que para animales de sangre caliente, esto se explica por la fisiología particular de estos organismos (poikilotérmos), además, como se ha expresado anteriormente, los carbohidratos simples son parcialmente absorbidos y digeridos por los peces con relación a los animales terrestres, es el caso para la trucha arcoiris, donde la energía bruta del almidón crudo, es aproximadamente 40% digestible y 60% digestible para el bagre de canal comparando una digestibilidad del 85% para cerdos. Además según Cruz citado por el anterior autor afirma que ciertos procesos térmicos y mecánicos, pueden incrementar la digestibilidad del almidón para bagre de canal en un 5 a 10%. Sin embargo, los alimentos fibrosos como la harina de alfalfa, son una fuente pobre en nutrientes para los peces, esta harina posee una energía digestible aproximadamente de 1,5 Kcal por gramo de proteína, comparada con 2,1 Kcal por gramo para cerdos. En contraste, las grasas saturadas son una fuente de alta disponibilidad energética para peces de aguas frías, medias y cálidas.

López<sup>79</sup> manifiesta que la energía digestible es un método práctico para evaluar la energía útil de los alimentos suministrados a los peces, esto se explica, porque las pérdidas de energéticas ocurridas durante la digestión son las que tienen mayor valor en comparación con las pérdidas de energía liberada a través de las branquias y las excreciones urinarias. El mismo autor argumenta que los requerimientos energéticos destinados a las funciones de mantenimiento como el incremento térmico, metabolismo basal y actividad voluntaria; son más bajos en los peces, porque ellos no tienen que regular la temperatura corporal y gastan menos energía, para mantener su posición en el agua.

---

<sup>77</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 37.

<sup>78</sup> *Ibíd.*, p. 41.

<sup>79</sup> *Ibíd.*, p. 41

## 4.11 MATERIAS PRIMAS

**4.11.1 Materias primas de origen animal.** Saez<sup>80</sup> menciona que casi todos los subproductos o residuos de matadero, de aves de corral, pueden ser considerados como ingredientes de dietas para peces, con excepción de la harina de sangre y la harina de plumas hidrolizada, que a pesar de poseer altos niveles de proteína bruta son desbalanceadas para varios aminoácidos esenciales, todas las demás materia primas son excelentes fuentes de proteína, lípidos, energía, vitaminas y minerales.

- **Harinas de pescado.** Según López<sup>81</sup> las harinas de pescado son preparadas con peces enteros descartados para el consumo humano y de residuos del procesamiento del pescado tales como esqueleto, cabezas, escamas y vísceras y desperdicios resultantes de la fabricación de aceites de pescado, estos residuos se cortan, secan, muelen y tamizan; la desecación no debe desarrollarse a altas temperaturas porque reduce la calidad biológica de la proteína.

Vásquez<sup>82</sup> sustenta que las harinas son tratadas con ácidos orgánicos e inorgánicos para reducir el desarrollo de microorganismos durante el procesamiento y almacenamiento, por eso la adición excesiva de estos químicos puede reducir la palatabilidad de la ración. De acuerdo con Kubitzka citado por el anterior autor, una harina de pescado de buena calidad debe contener entre 60 y 70% de proteína bruta, menos del 10% de lípidos y minerales entre 13 y 15%. El mismo autor afirma que generalmente las harinas comerciales presentan mucha variación con respecto a sus cualidades y características en función de la calidad de los subproductos utilizados y también por los procesos de elaboración cuando son sometidas a un excesivo calentamiento para la extracción de las grasas, se produce una disminución en la disponibilidad de los aminoácidos esenciales; hasta el momento no se han encontrado límites en cuanto a los niveles de inclusión de harina de pescado en la formulación de raciones para peces, a no ser por el alto costo, especialmente de la harina de buena calidad. Se podría hablar de restricciones en su uso cuando contienen niveles altos de minerales, por ejemplo calcio mayor al 6%.

López<sup>83</sup> manifiesta que la harina de pescado es una de las materias primas más importantes en la elaboración de concentrados para acuicultura, debido al alto valor biológico que presenta la proteína existente en este tipo de harina, el excelente perfil de aminoácidos indispensables, altas digestibilidad, el adecuado nivel de minerales, sin embargo, cuando la harina de pescado se somete a altas temperaturas, su valor

---

<sup>80</sup> SAEZ, Patricio. Utilización de dietas digestivas para peces. html. [on line].Madrid. Agosto 1997. [Septiembre 2004].Disponibilidad: [www.uct.cl/biblioteca/tesis-on-line/tesis-patricio-saez.pdf](http://www.uct.cl/biblioteca/tesis-on-line/tesis-patricio-saez.pdf).

<sup>81</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 101.

<sup>82</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 69.

<sup>83</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 101.

nutricional se reduce considerablemente. Vásquez<sup>84</sup> argumenta que otra alternativa es el uso de los subproductos del procesamiento del pescado como son las vísceras rojas y blancas.

▪ **Harina de carne y huesos.** Según López<sup>85</sup> la harina de carne, se prepara con frecuencia a partir de vísceras rojas y blancas, principalmente bazo (alimento rico en proteínas y vitaminas) y otros desperdicios de matadero, esta harina es el producto del cocimiento por presión de tejidos cárnicos.

Por su parte Vásquez<sup>86</sup> argumenta que la calidad nutricional de estas harinas es muy variada, debido a el tipo de procesamiento empleado en su elaboración y también a la calidad de las materias primas utilizadas; una buena harina de carne debe contener al menos 60% de proteína bruta y niveles máximos de minerales del 15% y grasas del 20%. Las harinas de carne y huesos son fuentes de los macrominerales calcio y fósforo y de los microminerales Fe, Mn y Zn, sin embargo su utilización en las raciones para peces está limitada por su alto contenido de Ca.

**4.11.2 Materias primas de origen vegetal.** Para Vásquez<sup>87</sup> a pesar de que el contenido de nutrientes de los vegetales comúnmente utilizados en la fabricación de raciones para animales varía en función de la región, país, época del año de producción, estado de madurez en la cosecha, etc., se pueden hacer algunas generalizaciones alimentarias respecto a estas, las cuales son muy útiles en los procesos de formulación de dietas para peces.

El mismo autor argumenta que los productos y subproductos de origen vegetal han sustituido los de origen animal, debido a motivos económicos, de disponibilidad y de constancia en importantes proporciones en la fabricación de concentrados para peces y otros animales monogástricos, criados comercialmente. Entre las materias primas de origen vegetal más utilizadas en la acuicultura están las oleaginosas como la soya, algodón, girasol, palmas y los cereales que comprende la familia de las gramíneas, que incluye entre otras maíz, sorgo, avena, arroz, trigo y cebada.

Según López<sup>88</sup> algunas tortas de oleaginosas como las del algodón, coco, maní, soya y palma africana son ricas en proteínas y tienen por lo general un alto

---

<sup>84</sup> VÁSQUEZ, Walter. Op cit. p. 70.

<sup>85</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 102.

<sup>86</sup> VÁSQUEZ, Walter. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Recursos de nutrientes - Usos y restricciones en raciones para peces. Villavicencio, Colombia: Universidad de los Llanos, 2004. p 70.

<sup>87</sup> *Ibíd.*, p. 71.

<sup>88</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 102.

contenido de nutrientes digestibles, se utilizan generalmente en proporciones del 10 % en las mezclas.

- **Torta de soya.** Según López<sup>89</sup> la torta de soya es un subproducto resultante de la extracción, por prensado mecánico o por solvente, del aceite de los granos de soya, es una de las fuentes proteicas más utilizadas en la fabricación de alimentos concentrados para peces, llegando a sustituir completamente la harina de pescado en la formulación de raciones para varias especies acuícolas. El contenido de proteína bruta de los productos de la soya pueden variar entre 41 a 48% dependiendo del método de extracción del aceite y de otros procesos posteriores.

El mismo autor afirma que la proteína de la soya es razonablemente equilibrada en aminoácidos indispensables, siendo entre los vegetales la que mayor contenido de lisina tiene, aunque sus niveles de metionina son marginalmente deficientes en dietas para peces; es además altamente digerible y los coeficiente de digestibilidad son comparables con los de la harina de pescado; la digestibilidad aparente oscila entre 83 y 95%. Aún no se conocen las restricciones de uso en cuanto a niveles máximos en raciones completas para peces, aunque su baja palatabilidad puede limitar su incorporación en niveles elevados para algunas especies, principalmente para las carnívoras.

De acuerdo con Catron y Hays citados por López<sup>90</sup>, recomiendan la harina de soya para dietas, pues es superior a otras harinas debido a que reúne los diez aminoácidos indispensables en la nutrición animal. Comparada con las proteínas animales, la harina de soya, carece de suficiente metionina, pero este aminoácido indispensable puede ser adicionado a las raciones en forma de metionina DL, o como un producto similar hidroxigenado de la metionina.

- **Maíz.** Según Vásquez<sup>91</sup> el maíz es el alimento energético más utilizado en la alimentación de aves, cerdos y peces. Su valor energético depende del grado del molido y gelatinización del almidón. En general cuanto menor el tamaño de las partículas después del molido, mayor la digestibilidad, sin embargo el nivel de proteína del maíz es bajo y no sobrepasa el 9%.

---

<sup>89</sup> LÓPEZ, Ignacio. Evaluación de la digestibilidad de la torta de soya (*Glycine max*) como ingrediente principal en la formulación de dietas en alevinos de Cachama Blanca (*Piaractus brachipomus*). Bogotá, 1994. p. 56-57,. Trabajo de grado (Biólogo) Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Naturales.

<sup>90</sup> LÓPEZ, Jorge. Nutrición y alimentación de Especies de aguas frías, medias, y cálidas de importancia acuícola. Pasto, Colombia, 1993. p. 146,. Conferencias mimeografiadas, Universidad de Nariño. Facultad de Zootecnia

<sup>91</sup> VASQUEZ, Walter. Op cit. p 76.

**4.11.3 Vitaminas.** De acuerdo con Halver<sup>92</sup> las vitaminas son compuestos orgánicos requeridos en cantidades muy pequeñas y obtenidos a partir de fuentes exógenas en la dieta, o mediante la síntesis microbiana intestinal y son sustancias esenciales para el crecimiento y funcionamiento normal de los animales. Los requerimientos vitamínicos para los peces son similares a los de los animales terrestres con excepción de la vitamina C (ácido ascórbico) que no es sintetizada por los organismos hidrobiológicos de cultivo.

▪ **Vitamina C.** Según NRC <sup>93</sup> el ácido ascórbico comúnmente conocido como vitamina C es considerado un antimicrobiano y conservador de los ingredientes alimenticios individuales, debido a que actúa como antioxidante, es una de las vitaminas de las que más se conocen funciones en el organismo entre ellas están: estimulador de defensas y crecimiento, conjuntamente con la vitamina E es importante en el mantenimiento del tejido conectivo, vascular y óseo, previene la oxidación de los lípidos de la dieta y de los tejidos corporales, participa como factor en numerosas reacciones de hidroxilación dentro del cuerpo, incluyendo la hidroxilación del triptófano, lisina, tirosina, fenilalanina y prolina.

El mismo autor afirma que por sus innumerables funciones, los peces como muchos animales, son muy sensibles a la carencia de vitamina C y además debido a que los peces no pueden sintetizarla, es necesario que sea un componente esencial de la dieta. Tal limitación es debida a que no presentan actividad de la enzima gluconolactona-oxidasa en el hígado, la cual es responsable por la bioconversión de glucosa o ácido glucurónico en ácido ascórbico.

#### **4.12 MARCADORES INERTES**

Según Olvera<sup>94</sup> Para determinar la digestibilidad existen métodos directos e indirectos. Los directos son más precisos pero difíciles de aplicar en peces, se presenta dificultades para la colecta de heces, pues en el medio acuático existe algún tipo de contaminación exógena. Además es necesario un intenso manejo del animal, provocando estrés, lo cual afecta el proceso digestivo, se corre con el riesgo de recolectar heces con diferentes grados de digestión, asimilación, subestimando los resultados y usualmente se tiene que sacrificar el animal.

En cambio los métodos indirectos son los más comunes, estos implican el uso de marcadores indigeribles agregados a la dieta y la recolección de heces ya excretadas; generalmente estos marcadores no afectan la fisiología digestiva, son

---

<sup>92</sup> HALVER, Jhon. The vitamins, fish nutrition. New York: Academic Press, 1988. p. 205.

<sup>93</sup> N.R.C. Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes.html. (on line). Washington: National Academy Press.1983. (Enero 2004). Disponibilidad : [http://www. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados.org/html](http://www.Nutrición.y.alimentación.de.peces.y.camarones.cultivados.org/html)

<sup>94</sup> OLVERA, Miguel. Digestibilidad en los peces, ensayos de laboratorio. Madrid: Editorial Acribia, 1998. p. 83-84.

completamente inertes, no son tóxicos, se mueven a la misma velocidad del alimento y no se adhieren al epitelio intestinal. Algunos de los marcadores que se introducen homogéneamente en la dietas son: el óxido crómico, óxido de hierro, sílice y polipropileno; generalmente en acuicultura el óxido crómico es el más usado en niveles de 0,5% a 1,2%.

De acuerdo con Furakawa, citado por Stone<sup>95</sup>, la digestibilidad de los nutrientes en la alimentación se puede determinar a través de la inclusión de indicadores inertes en el alimento, como es el caso del óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

La determinación del óxido crómico se basa en la digestión ácida de la materia orgánica, la cual se oxida por medio del ácido nítrico y perclórico, este método limita la potencialidad explosiva del ácido perclórico. El contenido de cromo se determina colorimétricamente a 350 nm y se compara con una curva a partir de concentraciones conocidas de dicromato de potasio.

---

<sup>95</sup> STONE, Frederick. An acid digestion method for the determination of chromic oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) used as an indicator substance in fish feed digestibility studies. Washington: Limusa, 1982. p.4.

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó durante un periodo de seis meses comprendidos entre octubre del 2003 y marzo de 2004, en el Laboratorio de Digestibilidad del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño, Torobajo; al nor-occidente de la ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño, con una altitud de 2.510 msnm, temperatura media de 14°C, precipitación anual de 1180 mm, humedad relativa de 75%, latitud 0.1° 09'16" Norte, longitud 77° 08'25" Oeste<sup>96</sup>.

### 5.2 MATERIAL BIOLÓGICO.

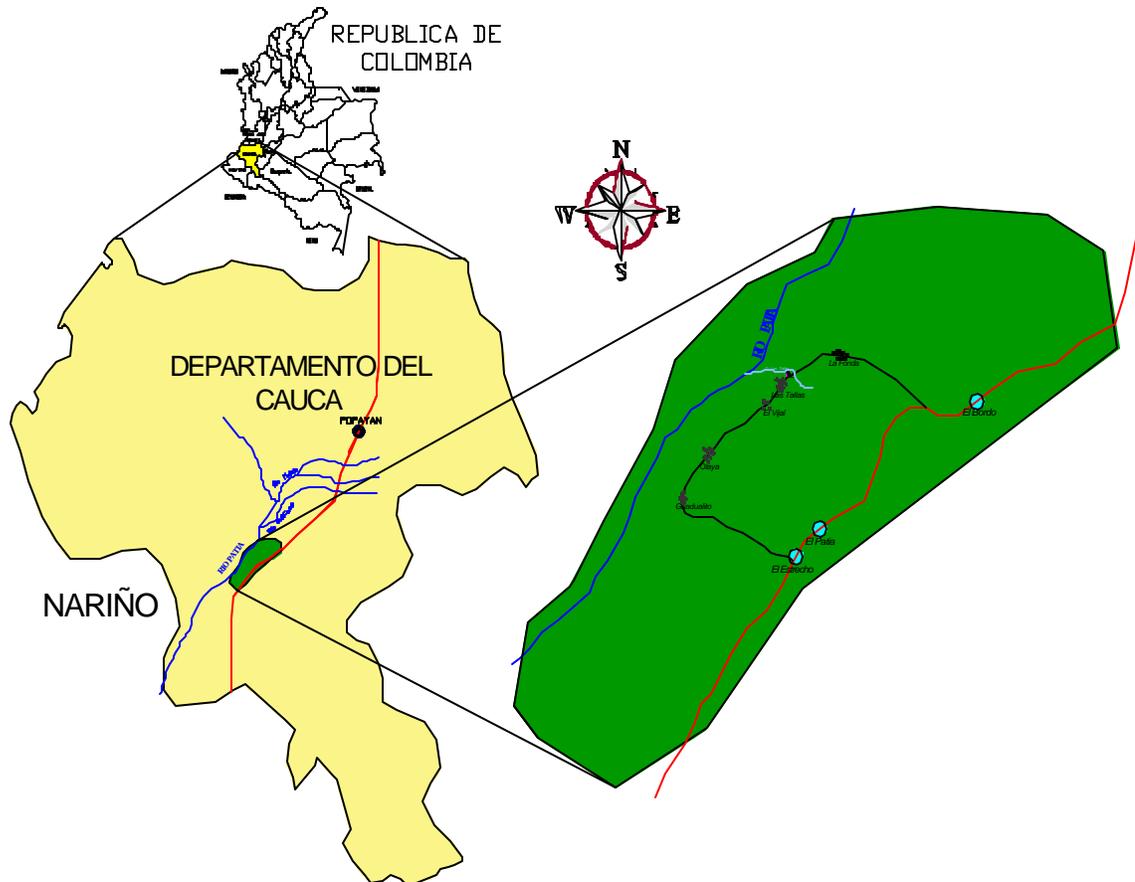
Se evaluaron 240 ejemplares de Mojarra Patiana (*Cichlasoma ornatum*, REGAN, 1905), Los cuales fueron obtenidos y seleccionados de la quebrada Las Tallas (Fig.5), localizada en la Vereda las Tallas, Municipio del Patía, Departamento del Cauca con un peso promedio de 12 g,  $\pm$  0.83, coeficiente de variación de 6.92% y una talla promedio de 7 cm,  $\pm$  0.62, coeficiente de variación de 8.85%. Se ubicaron 20 animales por cámara metabólica, de 100 litros de volumen para una densidad de 57.14 animales por metro cuadrado.

**5.2.1 Captura de los ejemplares en el medio natural.** Para la obtención del material biológico se efectuaron 10 jornadas de pesca eléctrica en el periodo comprendido entre octubre y noviembre de 2003 en la quebrada las Tallas en un trayecto de cuatro kilómetros desde la estación piscícola las Tallas hasta los límites de la Vereda el Vijal, empleando un chinchorro de 20 m de largo, 3 m de ancho y un ojo de malla  $\frac{3}{4}$  de pulgada que servía como receptor de los animales capturados en los arrastres realizados con la nasa eléctrica. Los sitios donde se obtuvo el mayor número de ejemplares fueron los pequeños riachuelos tributarios de la Quebrada las Tallas, ya que se comprobó que estas zonas forman nichos de protección y alimentación para los animales.

---

<sup>96</sup> MONTEZUMA, Edwin; DELGADO, Ana y ZÚÑIGA, Alirio. Evaluación de la harina de vísceras de pollo como fuente de proteína en la alimentación de la fase juvenil del goldfish (*Carassius auratus*). Pasto, 2002. p. 27 Trabajo de grado (Ing. En producción Acuícola) Universidad de Nariño. Departamento de recursos hidrobiológicos.

**Figura 5. Localización de la Vereda Las Tallas en el contexto Nacional, Departamental y Local.**



Para la pesca eléctrica se empleó una planta eléctrica Honda EQ de 1000 voltios, un convertidor de 110 voltios, una parrilla de acero inoxidable de 0.16 metros cuadrados que actúa como el polo negativo y una nasa de 0.50 metros de diámetro provista de plaquetas de cobre y recubrimiento de plástico que al hacer contacto con el agua genera campos eléctricos de 250 voltios que producen en los animales letargia temporal. Luego de la captura los alevinos fueron sembrados en estanques de tierra de 2 metros cuadrados durante 1 mes para facilitar su adaptación a las condiciones de manejo como muestreo y alimentación artificial con alimento comercial con 34% de proteína. Posteriormente se realizó la selección de los animales para su traslado al Laboratorio de Digestibilidad.

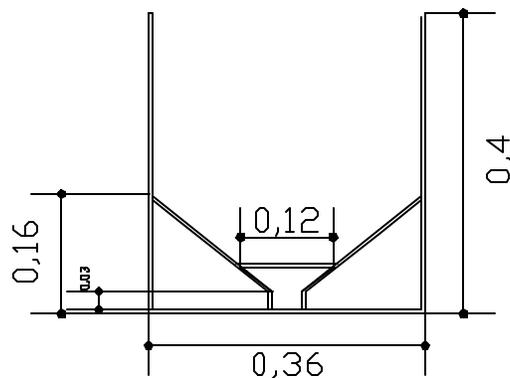
**5.2.2 Transporte.** Los peces fueron transportados desde el área de adaptación en la Estación Piscícola Las Tallas hasta el Laboratorio de Digestibilidad del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño, Torobajo, en un tanque de capacidad de 200 litros de agua con una temperatura promedio de 22°C.

El tanque estaba provisto de un sistema de aireación con piedras pómez difusoras conectadas a un blower marca Are Inc modelo 907 cdc 18b 0.5 Hp, con el fin de mantener constante el nivel de oxígeno en 6 ppm. El tiempo de transporte desde la Estación Piscícola las Tallas hasta el Laboratorio de Digestibilidad fue de 4 horas en las cuales se obtuvo una mortalidad del 2% del total de animales trasladados.

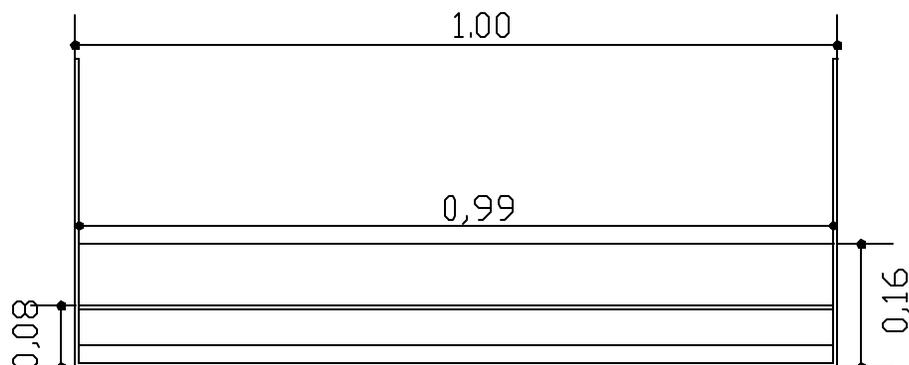
### 5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS

**5.3.1 Cámaras metabólicas.** Se utilizaron 12 cámaras metabólicas tipo Guelph construidas en vidrio de 5 mm de espesor con las siguientes dimensiones: 1 m de largo, 0.36 m de ancho y 0.40 m de alto. Las cámaras presentan una sección de recolección de heces constituidas por dos inclinaciones de vidrio de 5 mm que forman un ángulo de 45° con respecto a la base de contraste de color blanco para apreciar claramente las heces acumuladas, las cámaras se ubicaron en 4 estantes de hierro dulce, de tres escalones. (Figura 6).

**Figura 6. Cámaras Metabólicas tipo Guelph**



### VISTA LATERAL CAMARAS METABOLICAS TIPO GUELPH



### VISTA FRONTAL CAMARAS METABOLICAS TIPO GUELPH

**5.3.2 Materiales y equipos de laboratorio.** Para el desarrollo de la fase experimental del proyecto de digestibilidad se emplearon los siguientes materiales y equipos:

- Termostatos automáticos PY23, capacidad para 30 galones
- Filtros de flujo vertical con piedra pómez difusora
- Nasas plásticas de 0.08 metros cuadrados
- Baldes de 5 y 20 lts
- Mangueras plásticas de 3mm de diámetro para sifoneo
- Tanque Eternit para maduración y decloración de agua de 1 tonelada
- Blower Are Inc modelo 907 cdc 18b 0.5 Hp
- Balanza analítica Mettler modelo AJ 150 rango 0.0001 a 150 gramos
- Estufa eléctrica Mettler con graduación de temperatura
- Crisoles de porcelana
- Extractor Soxhlet E-Q de seis puestos
- Desecador
- Digestor Kjeldahl Gerarht de seis puestos
- Espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 2380
- Bomba calorimétrica marca Parr 1341
- Espectrofotómetro ultravioleta visible Perkin Elmer Lambda 1
- Microdestilador Kjeldahl labconco
- Molino IKA A 10
- Mufla MLW, rango 1200°C
- Lumenímetro Ligthmeter modelo 0346-L
- pH metro American Marine INC modelo 407/886-3939
- Termómetro Hatch escala 0 a 110 °C
- Oxímetro YSI 55 modelo 55-12 FT.
- Montaje de reflujo para fibra de 6 puestos

**Figura 7. Equipos del Laboratorio de Bromatología**



**Estufa**



**Bomba Calorimétrica**



**Micro Destilador**



**Mufla**

## 5.4 PLAN DE MANEJO

**5.4.1 Adecuación y desinfección de las cámaras.** Antes de la recepción de los animales, se procedió a la desinfección y lavado de las instalaciones del Laboratorio de Digestibilidad con una solución de 100 ppm de yodo. Para la desinfección de las cámaras se empleó una solución de sal marina de 25 ppt, las cámaras estaban provistas de un filtro de flujo vertical con carbón activado y muselina para la retención de partículas en suspensión, que aportaba 200 burbujas/minuto, que mantenían de manera constante un nivel promedio de oxígeno de 6 ppm (Fig. 8).

**Figura 8. Adecuación de las cámaras**



**5.4.2 Aclimatación.** Para evitar mortalidades se prepararon con anticipación las cámaras metabólicas con agua del acueducto la cual fue sometida a un reposo de 72 horas de maduración para eliminar los residuos de cloro y permitir la estabilización de las condiciones fisicoquímicas. Así mismo se dispuso de termostatos automáticos Regent 100 w 60 Hz, para mantener constante la temperatura del agua a 25°C. Al momento de la llegada de los alevinos, se colocaron en bolsas plásticas con 5 litros de agua; depositando 10 animales por bolsa. Las bolsas se suspendieron en las cámaras por espacio de 25 minutos para la aclimatación, posteriormente se permitió la salida voluntaria de los animales. Después se realizó un tratamiento profiláctico con una solución de 1 ppt de sal marina en todas las cámaras. Con el fin de disminuir los niveles de estrés en los animales, la primera semana se sometieron a un periodo de penumbra de 0.03 lux, luego se fue incrementando gradualmente el fotoperiodo hasta estabilizarlo en 3 lux.

**5.4.3 Parámetros Fisicoquímicos del agua.** La calidad fisicoquímica se monitoreó diariamente para evitar fluctuaciones extremas de temperatura, pH y oxígeno que incidieran en el consumo del alimento y por lo tanto en los resultados del ensayo. Los parámetros de calidad de agua se establecieron de acuerdo a las necesidades de la Mojarra Patiana como especie de aguas cálidas, de tal

manera que la temperatura se mantuvo en un rango de 25 a 26°C temperatura promedio de 25.7 °C y coeficiente de variación de 1.16 %; el pH con promedio de 6.73, en un rango de 6,5 a 7,0 y un coeficiente de variación de 3.86%; el oxígeno con un promedio de 5.71 mg/L, con un rango entre 5.1 y 6 mg/L coeficiente de variación de 5.07%. Los mencionados parámetros están en los niveles óptimos para especies de aguas cálidas citados por Arteaga<sup>97</sup>. Igualmente se realizaron recambios diarios del 10% y semanales del 50%, manteniendo así un ambiente adecuado para los animales (ANEXO A).

**5.4.4 Muestreo.** Se efectuaron muestreos semanales en base al 40% de la población en cada unidad experimental, para la captura de los animales se utilizó una nasa de 0.08 metros cuadrados, se procedió a pesar y medir los ejemplares capturados con una balanza OHAUS TP 40S y un ictiometro plástico de 60 cm. Con base en los datos obtenidos se estableció el peso individual promedio, las ganancias de peso, igualmente se obtuvo la longitud estándar y total de los animales.

## 5.5 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN

**5.5.1 Dietas experimentales.** Se evaluaron cuatro dietas alimenticias isoenergéticas e isonitrogenadas, balanceadas con un 34% de proteína, (ANEXO B) para satisfacer las necesidades nutricionales de alevinos de Mojarra Patiana (*C. ornatum*), alimentados a una tasa mínima del 4% del peso vivo diariamente ración distribuidas en 5 comidas.

Para la elaboración de las dietas se utilizaron materias primas de origen animal: harina de vísceras de pescado H.V.P, harina de carne y harina de huesos. Materias primas de origen vegetal: Torta de soya, harina de maíz, aceite de palma y melaza (ANEXO C.)

### 5.5.2 Preparación de las dietas.

- **Molienda.** Se procedió a moler todas las materias primas con el fin de reducir el tamaño de las partículas a un promedio de 0.4 mm para lograr una mezcla homogénea, de tal manera que la ración diaria aporte todos los componentes en las proporciones adecuadas, facilitando la peletización.
- **Mezclado.** Siguiendo las recomendaciones de López<sup>98</sup> para lograr una distribución uniforme en toda la mezcla se prepararon micromezclas con los ingredientes que entran en pequeña proporción como son vitaminas, minerales y oxítetraciclina que representan el 2% de la mezcla final para facilitar su combinación con las materias primas mayores; posteriormente se adicionaron los componentes líquidos tales como el aceite de palma y melaza.

---

<sup>97</sup> ARTEAGA, Armando. Caracterización de la ictiofauna en la parte media del río Hato Viejo, Municipio de Mercaderes, Popayán, 1996., p 22-28. Trabajo de grado (Biólogo) Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación

<sup>98</sup> LOPEZ, Jorge. Op cit. p.111.

Finalmente se incorporó el marcador inerte al 1% en la dieta a razón de una parte de óxido crómico y una parte de balanceado, mezclando uniformemente por espacio de 45 minutos cada dieta experimental hasta obtener una mezcla homogénea de balanceado (Fig. 9).

**Figura 9. Incorporación de Oxido crómico**



▪ **Peletización.** La mezcla homogénea de las materias primas se peletizaron mediante compresión en un molino, seguidamente se adicionó  $\frac{1}{2}$  litro de agua a  $50^{\circ}\text{C}$  por kilogramo de balanceado, para lograr una pasta compacta y así proporcionar una lubricación adecuada para la compresión. Los pellets se secaron en un horno de bandejas distribuidos en capas para asegurar temperaturas constantes de  $60$  a  $65^{\circ}\text{C}$ , luego se cortaron manualmente a un tamaño promedio de  $2.5\text{mm}$  y se almacenaron en frascos de vidrios evitando así la humedad ambiental (Fig.10).

**Figura 10. Elaboración del pellet**



## 5.6 RECOLECCIÓN DE HECES

La recolección de heces se efectuó a través de sifoneo manual mediante una manguera de  $3\text{mm}$  de diámetro con un caudal promedio de  $0.0082\text{ L/sg}$ . Se recogieron heces  $10$  veces al día con un intervalo de  $1$  hora entre cada recolección, así mismo después de cada alimentación se efectuó un sifoneo con el objeto de remover los desechos de alimento y evitar la contaminación de las heces.

Una vez obtenidas las heces, se procedió a filtrarlas en una malla de 500 micras con el fin de eliminar la mayor cantidad de agua para luego almacenarlas en nevera a 5°C en recipientes estériles debidamente rotulados. Por último, se secaron en el horno a una temperatura promedio de 60°C, durante 24 horas, con el propósito de obtener un nivel constante de humedad del 12% en las muestras de cada uno de los tratamientos, para posteriormente realizar el respectivo análisis bromatológico.

## 5.7 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Se efectuó el análisis bromatológico del alimento y las heces de acuerdo al protocolo de Weende (ANEXO D), adaptado por el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño. Se determinó humedad, materia seca, ceniza, extracto etéreo, extracto no nitrogenado, fibra, proteína, energía y minerales. De igual manera, la cantidad de óxido crómico presente en las dietas y en las heces se calculó según el método de Furukawa, en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño y en los Laboratorios del Centro de Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (ANEXO E).

## 5.8 TRATAMIENTOS

Los animales se distribuyeron en cuatro tratamientos, cada tratamiento conformado por tres réplicas de tal manera que cada réplica estaba constituida por 20 animales para un total de 240 alevinos de Mojarra patiana (*C. ornatum*), evaluados de la siguiente forma:

**T0** = Alimento con 0% de harina de vísceras de pescado H.V.P

**T1** = Alimento con 10% de harina de vísceras de pescado H.V.P

**T2** = Alimento con 20% de harina de vísceras de Pescado H.V.P

**T3** = Alimento con 30% de harina de vísceras de Pescado H.V.P

## 5.9 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas para los distintos tratamientos, evaluando las variables de incremento de peso, conversión alimenticia y digestibilidad real de los nutrientes.

H0 = Hipótesis nula: Los resultados obtenidos para cada valor medio de las diferentes variables son iguales en todos los tratamientos, de tal manera que:

$$H_0 = \mu_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

H1 = Hipótesis alterna: Existe por lo menos un tratamiento que presenta un resultado medio, diferente en las variables estudiadas de tal manera que:

$$H_1 = \mu_j = \mu_{j'}, j \neq j'.$$

## 5.10 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis de las variables incrementos de peso, conversión alimenticia real y coeficientes de digestibilidad se utilizó un diseño irrestrictamente al azar (DIA), con los datos recolectados semanalmente durante los muestreos de acuerdo al siguiente modelo lineal:

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

Donde:

$Y_{ij}$  = respuesta de la  $j$  - esima unidad experimental que recibe el  $i$  - esimo tratamiento.

$\mu$  = media

$t_i$  = efecto del  $i$ esimo tratamiento.

$i$  = tratamiento 0, 1, 2, y, 3.

$j$  = replica 1, 2 y 3.

$e_{ij}$  = error experimental asociado a la  $j$  – esima unidad experimental sometida al  $i$  esimo tratamiento.

Con el software estadístico statgraphics plus 3.1, se efectuó un análisis de varianza y en aquellas variables que registraron diferencias estadísticas se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey con el propósito de establecer y recomendar el mejor tratamiento. Igualmente, se efectuaron pruebas estadísticas descriptivas para determinar los coeficientes de digestibilidad real de proteína, extracto etéreo, extracto no nitrogenado y energía digestible.

## 5.11 VARIABLES EVALUADAS

**5.11.1 Incrementos semanales de peso (IP).** Se refiere a la ganancia de peso durante un determinado tiempo de acuerdo a la siguiente formula:

$$IP = P_f - P_i$$

Donde:

$P_f$ : Peso Final

$P_i$ : Peso Inicial

**5.11.2 Coeficiente de Digestibilidad Real (CDR) :** Se obtuvo mediante la Formula:

$$CDA = 100 - \left( \frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3. \text{Alimento}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3. \text{Heces}} \times \frac{\% \text{Nutriente Heces}}{\% \text{Nutriente alimento}} \times 100 \right)$$

**5.11.3 Energía digestible(ED):** Se determinó mediante la siguiente diferencia:

$$ED = \text{Energía bruta del alimento} - \text{Energía bruta de las heces recolectadas}$$

**5.11.4 Coeficiente de utilización energética (CUE).** Se calculo mediante la formula:

$$CUE = 100 - \left( \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3. \text{ Alimento}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3. \text{ Heces}} \times \frac{\text{Energía Bruta Heces}}{\text{Energía Bruta Alimento}} \times 100 \right)$$

**5.11.5 Conversión alimenticia real (CAr):** Se refiere a la relación entre la cantidad de alimento suministrado y el incremento de peso obtenido:

$$CAr = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Incremento de peso}}$$

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 SISTEMA EXPERIMENTAL

El diseño de las cámaras metabólicas, fue modificado con respecto al sistema Guelph propuesto por Cho<sup>99</sup>, con el fin de reducir costos de fabricación de las cámaras por la disponibilidad de materiales en la región, ya que se adaptaron dos paredes inclinadas para la recolección de heces con un vidrio de contraste, remplazando la columna de sedimentación acrílica. La recolección de heces se llevo a cabo por sifoneo manual el cual permitía la separación eficaz de las heces, así mismo la obtención del alimento no consumido. El manejo experimental se estandarizó para reducir al máximo el estrés y facilitar el crecimiento, manipulación de los ejemplares y el desempeño del óxido crómico como marcador inerte de las dietas.

### 6.2 CONSUMO DE ALIMENTO

El consumo total de alimento por tratamiento fue homogéneo y de acuerdo al análisis de varianza no existen diferencias estadísticas significativas (ANEXO F), así: T2 (20% harina de vísceras de pescado H.V.P) 1804 g; T3 (30% H.V.P) 1626 g; T1 (10% H.V.P) 1592 g y T0 (0% H.V.P) 1428 g (Tabla 2).

**Tabla 2. Consumo de alimento (g), datos promedios para alevinos de Mojarra Patiana (*C. ornatum*) con cuatro niveles de harina de vísceras de pescado H.V.P (0%-10%-20%-30%)**

REPLICA	Tratamiento 0 (0% H.V.P) (g)	Tratamiento 1 (10% H.V.P) (g)	Tratamiento 2 (20% H.V.P) (g)	Tratamiento 3 (30% H.V.P) (g)
R1	479.05	531.9	605.73	536.94
R2	475.78	528.48	597.45	545.4
R3	473.17	531.63	601.31	554.05
TOTAL	1428	1592	1804.5	1626.24

El alimento fue preparado de tal forma que registró una estabilidad promedio en el agua de 3 minutos y no mostró alteraciones durante el almacenamiento. Los peces presentaron buen consumo de alimento en cada uno de los tratamientos corroborando lo afirmado por Jaramillo<sup>100</sup>, quien manifiesta que la cantidad de alimento consumido diariamente depende de la calidad y disponibilidad del mismo.

<sup>99</sup> CHO, Young, Op cit. p. 202 – 209.

<sup>100</sup> JARAMILLO, Darío. Alimentación de peces. Centro de investigación piscícola. Universidad de Caldas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1986. 99p.

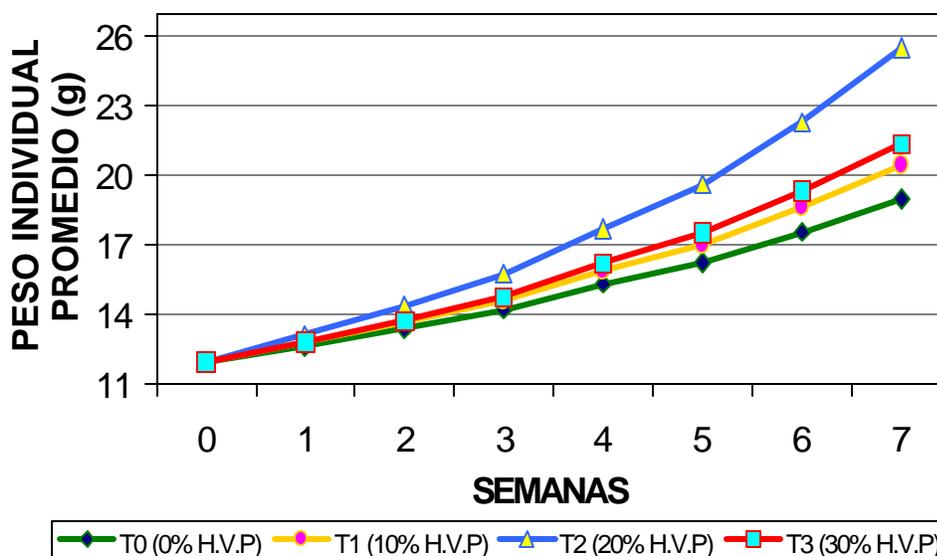
### 6.3 INCREMENTO DE PESO

Los incrementos de peso promedio en todos los tratamientos se determinaron durante ocho semanas, registrándose el mayor incremento total de peso en el tratamiento 2 con 12.25 g/día, seguido del tratamiento 3 con 8.72 g/día; tratamiento 1 con 7.90 g/día y tratamiento 0 con una ganancia de 5.93 g/día (Tabla 3, Fig. 11). Este incremento según López<sup>101</sup> se presenta cuando los procesos anabólicos exceden a los procesos de restauración, remodelación y mantenimiento de los tejidos. Además estos valores se encuentran directamente relacionados con el consumo de alimento en cada tratamiento

**Tabla 3. Incremento total de peso de los ejemplares de Mojarra Patiana (*C. ornatum*) de los tratamientos experimentales.**

Tratamiento	No de peces	Peso total Inicial (g)	Peso total Final (g)	Ganancia de Peso (g)	Incremento Total de peso (g/día)	Incremento de Peso Individual (g/día)
T 0	57	719.8	1051.89	332.09	5.93	0.10
T 1	56	720.4	1162.63	442.23	7.90	0.14
T 2	58	719.8	1405.92	686.12	12.25	0.21
T 3	55	720.4	1208.81	488.41	8.72	0.16

**Figura 11. Curva de crecimiento promedio semanal por tratamiento**



<sup>101</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 55-56.

## 6.4 ANÁLISIS DE NUTRIENTES

**6.4.1 Dietas experimentales.** Con el análisis químico proximal de las dietas experimentales se estableció la valoración y disponibilidad relativa de nutrientes presentes en las dietas isoenergéticas e isonitrogenadas balanceadas para alevinos de Mojarra Patiana (*C. ornatum*) (Tabla 4, ANEXO G,S).

**Tabla 4. Análisis proximal de dietas isonitrogenadas e isoenergéticas, datos promedios en triplicados por tratamiento.\***

Dieta	Proteína %	Extracto Etéreo %	Fibra %	E.N.N %	Cenizas %	Energía Bruta Kcal/ 100g	Cromo %
T0	34.19	9.07	3.91	43.95	8.89	482	0.93
T1	34.22	8.16	2.70	46.67	8.24	478	0.94
T2	34.31	8.08	2.33	47.36	7.92	479	1.09
T3	34.51	8.43	2.29	47.26	7.51	474	0.99

\* Laboratorio de Bromatología Universidad de Nariño, Laboratorio CIAT (Centro internacional de Agricultura tropical sede Palmira). Datos expresados en base seca.

**6.4.2 Heces.** La concentración de cromo fue mayor en las heces que en las dietas (Tabla 5, ANEXO H,S), debido a los procesos de asimilación de nutrientes durante el tiempo que permanece el alimento en el tracto digestivo, lo cual esta de acuerdo con López<sup>102</sup> y Vargas<sup>103</sup>

**Tabla 5. Análisis proximal de las heces, datos promedios en triplicados por tratamiento para alevinos de Mojarra Patiana (*C. ornatum*) con cuatro niveles de harina de pescado H.V.P (0%-10%-20%-30%)\***

Tratamiento	Proteína %	Extracto Etéreo %	Fibra %	E.N.N %	Ceniza %	Energía Bruta Kcal/100g	Cromo %**
T0	11.31	2.32	18.11	52.98	15.28	170	2.59
T1	12.09	2.21	15.96	55.95	13.80	150	2.33
T2	7.13	1.37	12.20	66.06	13.24	127	2.98
T3	9.95	2.07	10.04	64.99	12.95	155	2.39

\* Laboratorio de Bromatología Universidad de Nariño, Laboratorio CIAT (Centro internacional de Agricultura tropical sede Palmira). Datos expresados en base seca.

<sup>102</sup> Ibíd., p. 51-52.

<sup>103</sup> VARGAS, Janeth . Op cit. p 68

## 6.5 COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD REAL

Los coeficientes de digestibilidad real de los diferentes tratamientos experimentales fueron calculados de acuerdo al contenido de óxido crómico y nutrientes de las dietas y las heces (ANEXO I). De acuerdo con López<sup>104</sup> es válido afirmar que los coeficientes de digestibilidad son reales ya que los animales no consumieron alimento natural por estar confinados en acuarios; ambientes controlados en los cuales no se permitió el afloramiento de fitoplancton por la luminosidad solar restringida y los recambios de agua constantes superiores al 40%.

El mismo autor afirma que los coeficientes de digestibilidad del 75% para proteína, coeficiente de utilización energética (CUE) y 80% para extracto etéreo son adecuados en una dieta para peces. En el ensayo los coeficientes de digestibilidad real fueron superiores al 85% superando ampliamente los valores reportados lo que demuestra el grado de asimilación de las dietas experimentales.

Los valores para extracto no nitrogenado (E.N.N) son superiores al 40%, demostrando la baja digestibilidad del E.N.N por la incapacidad fisiológica de los peces para desdoblar carbohidratos debido a que según López<sup>105</sup>, los peces son diabéticos funcionales y altos niveles de carbohidratos causan lesiones hepáticas irreversibles como hígado graso (Tabla 6).

**Tabla 6. Coeficientes promedios de digestibilidad real (%), para proteína, extracto no nitrogenado, Extracto Etéreo y coeficiente de utilización energética de los tratamientos experimentales.**

Coeficientes de Digestibilidad Real (CDR)	T0 %	T1 %	T2 %	T3 %
Proteína	88.12	85.73	91.49	88.06
Extracto etéreo	90.81	89.06	93.07	89.94
Extracto no nitrogenado	56.72	51.57	42.09	43.04
Coeficiente de utilización energética (CUE)	87.32	87.31	89.12	86.43

**6.5.1 Coeficiente de digestibilidad real para proteína.** Los coeficientes de digestibilidad real para proteína registrados para la Mojarra Patiana (*C. ornatum*) en la presente investigación fueron de 91.49% para el tratamiento T2; 88.12% para el tratamiento testigo T0; T3 con 88.06% y T1 con 85.73% con el 0, 10, 20 y 30% de inclusión de harina de vísceras de pescado H.V.P (Tabla 6, Fig. 12). Estos valores se encuentran de acuerdo a los reportados por Vargas<sup>106</sup> quien calculo CDA de 86% a

<sup>104</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 10-11.

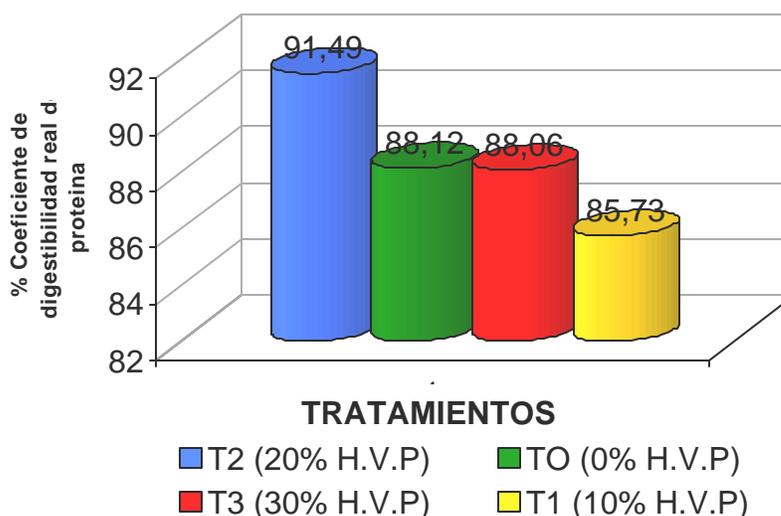
<sup>105</sup> Ibíd., p. 31-35.

<sup>106</sup> VARGAS, Janeth. Op cit. p.70

90% utilizando harina de matadero de aves y materias primas similares, en la alimentación de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) con un peso promedio de 40 gramos, utilizando como unidad experimental acuarios tipo Guelph (ANEXO J).

Los valores registrados por Pezzato,<sup>107</sup> sustituyendo la harina de pescado por torta de soya y harina de vísceras de ave en proporciones de 0, 33, 66, y 100% en la alimentación de alevinos de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) con 9 gramos de peso durante un período de 38 días. Distribuidos en 16 acuarios metabólicos, con 35 individuos en cada uno obtuvo valores inferiores a los reportados en la presente investigación (Tabla 6); de tal manera que la digestibilidad para la harina de vísceras de ave fue de 73.87% y 71,04% para la torta de soya. (ANEXO K).

**Figura 12. Coeficientes de digestibilidad real promedio de la proteína entre tratamientos.**



Por otra parte Degani<sup>108</sup> calculo Coeficientes de digestibilidad aparente entre 85 y 90% de dietas de levante con diferentes fuentes de proteína y extracto no nitrogenado en la alimentación de tilapia aurea (*Oreochromis aureus*), en acuarios metabólicos durante 49 días, siendo mayor para la dieta que contenía como ingrediente principal torta de soya con un coeficiente de 90.87% seguido de 89.04% con subproductos de ave y 88.75% al utilizar harina de pescado (ANEXO L).

<sup>106</sup> PEZZATO, Luiz. Digestibilidad aparente de ingredientes en la alimentación de Tilapia Nilotica (*Oreochromis niloticus*). En Memorias IV Seminario Internacional de acuicultura. Bogotá, 2003.p.1-11

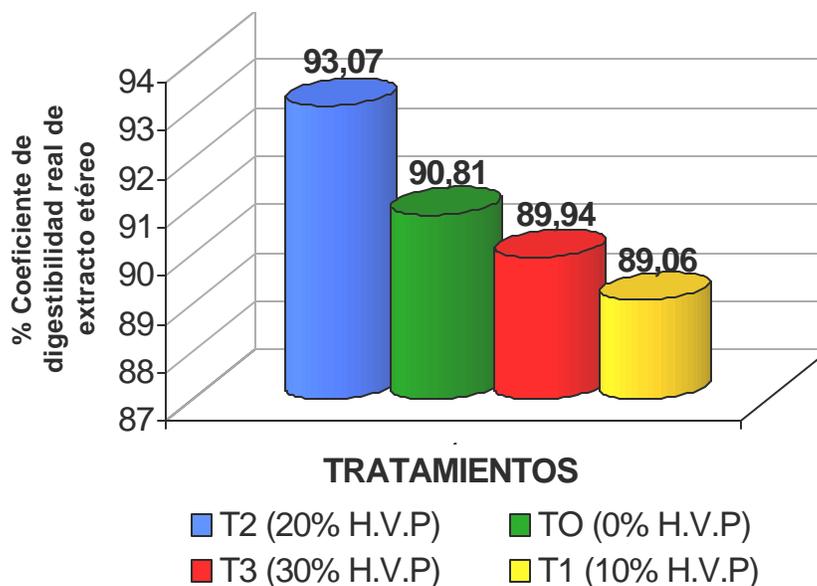
<sup>108</sup> DEGANI, Gerardth. Digestibilidad aparente de proteína y carbohidratos en la alimentación de tilapia (*Oreochromis aureus*). html. [on line] New York: Journal aquaculture. 1997 [Febrero 2005]. Disponibilidad: [http: www.journal/aquaculture/israeli/degani/digestibilidad-tilapia.sectrons.php](http://www.journal/aquaculture/israeli/degani/digestibilidad-tilapia.sectrons.php).

En comparación con los resultados obtenidos por los anteriores autores la mayor digestibilidad para proteína en el tratamiento T2 con 20% de inclusión de H.V.P probablemente se debe a que este tratamiento contiene el mejor perfil de aminoácidos de acuerdo a los requerimientos de la Mojarra Patiana.

El análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad real de la proteína determinó significancia estadística ( $p < 0.005$ ) entre los tratamientos. De acuerdo con estos resultados, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple Tukey con un 95% de confianza, la cual demostró que T2 y T3 son iguales, no hay diferencia estadística significativa entre los dos tratamientos, sin embargo, se considera mejor el T2 (20% H.V.P) por poseer la mejor media (ANEXO M).

**6.5.2 Coeficientes de digestibilidad real de extracto etéreo.** Los coeficientes de digestibilidad real de extracto etéreo calculados en esta investigación fueron de 93.07% para el tratamiento T2; 90.81% para el tratamiento testigo T0; T3 con 89.94% y T1 con 89.06% (Tabla 6, Fig. 13 ). Estos valores están de acuerdo a los reportados por Vargas<sup>109</sup> quien determinó coeficientes de digestibilidad de 83% a 91,68% al utilizar como fuente lipídica, el aceite de palma, materia prima que fué también incorporada en las dietas experimentales de esta investigación (ANEXO J)

**Figura 13. Coeficientes de digestibilidad real de Extracto etéreo de los tratamientos.**



<sup>109</sup> VARGAS. Op cit. p.70

Pezzato<sup>110</sup> determinó al utilizar harina de pescado en la alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), coeficiente de digestibilidad real para extracto etéreo de 80.12% (ANEXO K), porcentaje inferior a los valores reportados en esta investigación.

Degani<sup>111</sup> evaluando dietas de levante en la alimentación de tilapia aurea (*Oreochromis aureus*), obtuvo valores de 75.02% utilizando harina de subproductos de ave.

Los valores reportados por Espejo<sup>112</sup> son comparables con los obtenidos en esta investigación, quien calculó coeficientes de digestibilidad para extracto etéreo de 88 a 93%, evaluando el valor nutricional de la soya integral incluida en porcentajes del 25, 30, 35 y 40% para la alimentación de juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis sp*) con un peso promedio de 100 g, las cuales fueron alojadas en 25 acuarios tipo Guelph, cada acuario con 10 peces, en un período experimental de 21 días (ANEXO N).

El análisis de varianza detectó entre tratamientos diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ). De acuerdo con estos resultados se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey, que estableció como el mejor tratamiento al T2 el cual posee la media más alta 93.07%, con relación a los tratamientos T0, T1 Y T3 (ANEXO O).

### **6.5.3 Coeficiente de digestibilidad real de Extracto no nitrogenado ( E.N.N).**

Los valores de E.N.N calculados en esta investigación registran la mayor variación con relación a la proteína, extracto etéreo y energía (Tabla 6, Fig. 14). De acuerdo con López<sup>113</sup>, estos porcentajes son explicables debido a la menor capacidad fisiológica de los peces con tendencias carnívoras, como la Mojarra Patiana de desdoblar carbohidratos complejos y asimilarlos para posteriormente almacenarlos como glicógeno y utilizarlos como energía a través del ciclo de Krebs.

Sin embargo el presente ensayo demuestra que los coeficientes de digestibilidad del E.N.N aumentaban a medida que se incrementaban los niveles de harina de maíz y torta de soya y decrecían al aumentar los niveles de harina de vísceras de pescado H.V.P debido a la disponibilidad de carbohidratos de las materias primas utilizadas.

---

<sup>110</sup> PEZZATO, Luiz. Op cit. p.1-11

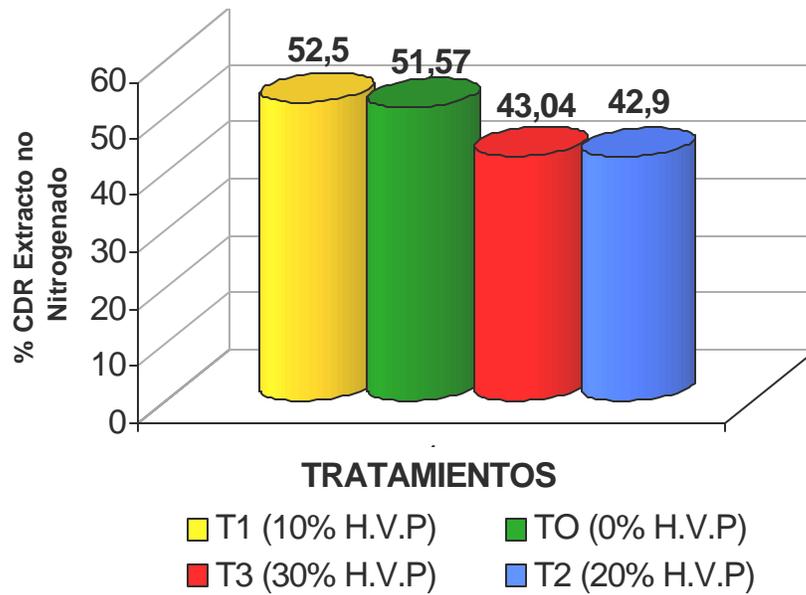
<sup>111</sup> Degani, Gerardth. Op cit

<sup>112</sup> ESPEJO, Carlos. Valor nutricional de la soya integral "Full fat" en la alimentación de la Tilapia roja (*Oreochromis sp*). En Memorias IV Seminario Internacional de acuicultura. Bogotá, 2003.p.1-18

<sup>113</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 32-36.

Además, los valores concuerdan a los reportados por Vargas<sup>114</sup>, para la harina de matadero de aves con niveles del 7, 15 y 25% de esta harina, quien calculó coeficientes de digestibilidad entre 71 a 77% para el ENN, utilizando de igual manera la harina de maíz y torta de soya como fuente principal de carbohidratos, en la alimentación de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) (ANEXO J).

**Figura 14. Coeficientes de digestibilidad real en promedio para Extracto no nitrogenado.**



El análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad real de Extracto no nitrogenado, presentó una diferencia altamente significativa ( $p < 0.001$ ) entre los tratamientos. Igualmente, se efectuó la prueba de comparación múltiple de Tukey, demostrando que existen dos grupos iguales  $T0=T1$ ;  $T2=T3$ , sin embargo, se considera mejor el tratamiento T1 (10% H.V.P) por poseer la mejor media (ANEXO P).

**6.5.4 Coeficiente de utilización energética (CUE).** Con relación a los coeficientes de utilización energética (CUE) promedios por tratamiento, en la presente investigación fueron de 89.12%, para el T2; T1 87.32% para el tratamiento testigo T0; T1 con 87.31% y T3 con 86.43 %. (Tabla 6, Fig. 15).

Estos resultados son superiores a los cuantificados por Vargas<sup>115</sup> quien obtuvo coeficientes de digestibilidad de 82 a 83%. (ANEXO J). Espejo<sup>116</sup> reporta valores CDA

<sup>114</sup> VARGAS, Janeth. Op cit. p.70

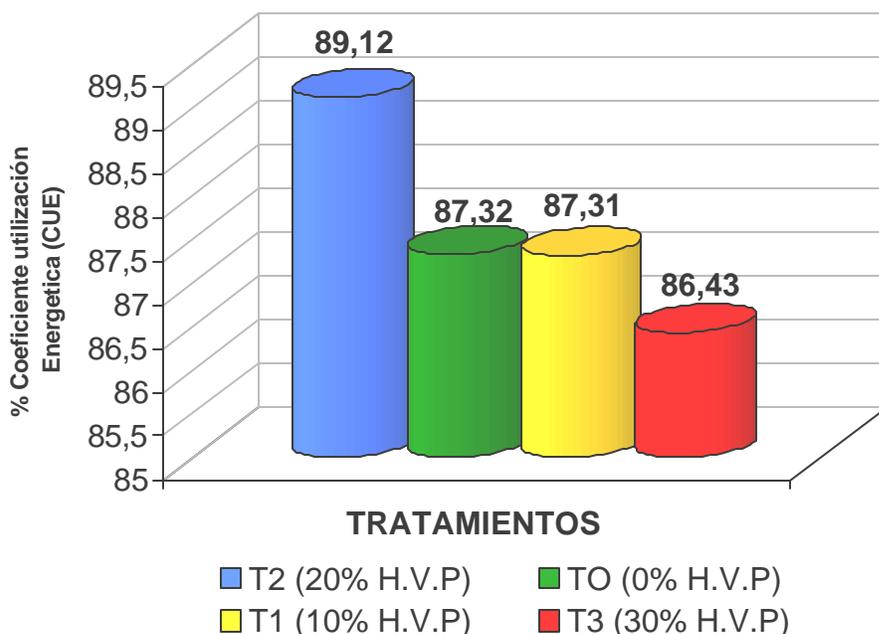
<sup>115</sup> VARGAS, Janeth. Op cit. p.70

<sup>116</sup> ESPEJO, Carlos. Op. cit., p.1-18

para energía de 70 a 72%, reemplazando la harina de pescado con soya y utilizando esta materia prima como fuente energética (ANEXO N). De acuerdo con Cho<sup>117</sup> algunas especies son más eficientes en la utilización energética por la capacidad de asimilación de nutrientes disponibles en el alimento y que son sensibles a los procesos digestivos del pez y por lo tanto ingresan fácilmente a los procesos metabólicos de los animales, en este caso la Mojarra Patiana podría ser una de estas especies.

Los resultados obtenidos para esta variable, fueron altamente significativos ( $p < 0.001$ ) según el análisis de varianza. La prueba de comparación múltiple de Tukey con un 95% de confianza, determinó que el mejor tratamiento con relación al CUE fue el tratamiento T2 (ANEXO Q).

**Figura 15. Coeficientes promedios de utilización energética (CUE) de los diferentes tratamientos experimentales**



## 6.6 ENERGÍA DIGESTIBLE

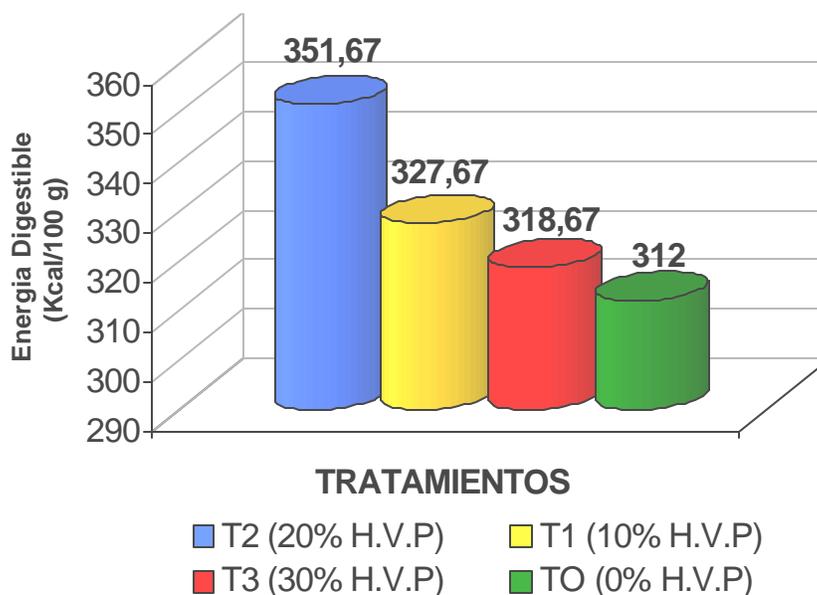
Los valores obtenidos de energía digestible de los diferentes tratamientos experimentales fueron de 351.67 Kcal/100g para el tratamiento T2; 327.67 Kcal/100g para el tratamiento T1; T3 con 318.67 Kcal/100g y T0 con 312 Kcal/100g (Fig. 16). Estos valores se encuentran de acuerdo a los reportados por Vargas<sup>118</sup> quien

<sup>117</sup> CHO, Young, Op. cit p 210.

<sup>118</sup> VARGAS, Janeth. Op. cit. p. 70

determinó para una especie de agua cálida como la tilapia roja, durante la etapa de levante niveles de 333 Kcal/100g a 357 Kcal/100g, (Anexo J). Por su parte Pezzato<sup>119</sup> en la alimentación de tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*), reportó valores de energía digestible inferiores a los obtenidos en esta investigación, de 314 Kcal/100g evaluando harina de pescado, y 354 Kcal/100g al incorporar harina de vísceras de ave (ANEXO K). De acuerdo con López<sup>120</sup> los valores de energía bruta y energía disponible para los diferentes propósitos productivos, varían ampliamente con las distintas materias primas utilizadas en las dietas, siendo el factor más importante la digestibilidad.

**Figura 16. Energía digestible, promedio de los diferentes tratamientos**



El análisis de varianza para la energía digestible presentó diferencias altamente significativas ( $p < 0.001$ ) entre los tratamientos. Además según la prueba de significancia de Tukey el mejor tratamiento fue el tratamiento T2, el cual posee la media más alta 351.67, con respecto a los tratamientos T0, T1 Y T3. (ANEXO R).

## 6.7 CONVERSIÓN ALIMENTICIA REAL

Las conversiones alimenticias reales promedias de la presente investigación, fueron para el tratamiento T2 una conversión alimenticia de 2.63, seguido del T3 de 3.33; T1 de 3.60 y T0 de 4.30 (Tabla 7 Fig. 17), siendo eficientes a partir de la semana 5. lo cual se explica porque a partir de esta semana los animales están adaptados a la dieta y a las demás condiciones del ensayo.

<sup>119</sup> PEZZATO, Op. cit., p 1-11

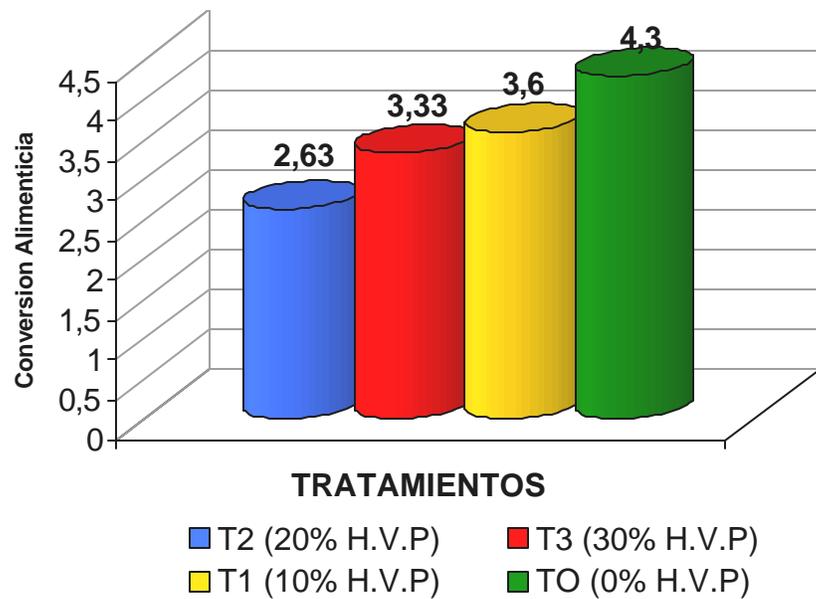
<sup>120</sup> LÓPEZ, Jorge. Op cit. p. 51.

Los anteriores valores concuerdan con los datos reportados por Cajas<sup>121</sup> quien obtuvo conversiones alimenticias de 3.5 a 4.5, en alevinos de Mojarra Patiana levantados en estanques de tierra de 20 metros cuadrados.

**Tabla 7. Alimento Suministrado, rechazado, consumido y conversión alimenticia real promedio para alevinos de Mojarra Patiana (*C. ornatum*) con cuatro niveles de harina de pescado H.V.P (0%-10%-20%30%)**

Tratamiento	Alimento suministrado (g)	Alimento Rechazado (g)	Alimento Consumido (g)	Incremento Total de peso (g)	Conversión Alimenticia real
T0	1700	272	1428	332.09	4.3
T1	1768.9	176.89	1592	442.23	3.6
T2	1961.4	156.91	1804.5	686.12	2.63
T3	1807.1	180.71	1626.4	488.41	3.33

**Figura 17. Conversión alimenticia real de las dietas experimentales para alevinos de Mojarra Patiana (*C. ornatum*) con cuatro niveles de harina de pescado H.V.P (0%-10%-20%30%)**



<sup>121</sup> CAJAS, Álvaro. Op. cit. p 22.

## 6.8 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

Este análisis estableció los costos fijos y variables por tratamiento durante todo el periodo experimental, donde no se tuvo en cuenta los costos de inversión en materiales equipos e instalaciones ya que igualmente afectan a todos los tratamientos.

Para la realización de análisis parcial de costos se consideró el valor y la cantidad de las materias primas utilizadas en las dietas experimentales, costo promedio y sobrevivencia de los 240 alevinos de Mojarra Patiana de 21.16 gramos de peso promedio al final del periodo experimental obteniendo así un costo variable menor por kilogramo de alimento para el tratamiento T3 de \$1323.28 seguido en su orden de los tratamientos T2 con \$1333.1, el tratamiento T1 con \$1370.28 y el tratamiento T0 con 1394.08. En relación a los resultados arrojados por el análisis económico los tratamientos de mayor rentabilidad fueron: el tratamiento T2 con el 26.29%, seguido de T0 23.93%, T1 21.83% y T3 19.79%. (Tabla 8). Así mismo para la relación costo-beneficio se obtuvo el mismo orden a saber T2 1.26, T0 1.24, T1 1.22 y T3 con 1.20

**Tabla 8. Análisis parcial de costos**

DETALLE	T0 (0% H.V.P)	T1 (10% H.V.P)	T2 (20% H.V.P)	T3 (30% H.V.P)
<b>COSTOS FIJOS</b>				
Alevinos de Mojarra Patiana	\$ 30000	\$ 30000	\$ 30000	\$ 30000
Depreciación de materiales y equipos	\$ 10000	\$ 10000	\$ 10000	\$ 10000
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 40000</b>	<b>\$ 40000</b>	<b>\$ 40000</b>	<b>\$ 40000</b>
<b>COSTOS VARIABLES</b>				
Harina de vísceras de pescado H.V.P	\$ 0	\$ 140	\$ 280	\$ 420
Harina de carne	\$ 462.23	\$ 324.48	\$ 266.5	\$ 188.5
Harina de maíz	\$ 172.6	\$ 140	\$ 290	\$ 207.6
Torta de soya	\$ 200.4	\$ 204	\$ 178.8	\$ 152.28
Harina de Huesos	\$ 51	\$ 90	\$ 45	\$ 45
Aceite de palma	\$ 342	\$ 306	\$ 207	\$ 144
Otros (Oxítetraciclina, Premezcla vitamínica etc)	\$ 165.8	\$ 165.8	\$ 165.8	\$ 165.8
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 1394.08</b>	<b>\$1370.28</b>	<b>\$1333.1</b>	<b>\$ 1323.18</b>
<b>TOTAL EGRESOS (Fijos + Variables)</b>	<b>\$ 41394.08</b>	<b>\$41370.28</b>	<b>\$41333.1</b>	<b>\$ 41323.18</b>
<b>ANÁLISIS ECONOMICO</b>				
Utilidad Bruta	\$ 51300	\$ 50400	\$ 52200	\$ 49500
Ingreso Neto (Utilidad Bruta – Total Egresos)	\$ 9905.92	\$ 9029.72	\$ 10866.9	\$ 8176.82
RENTABILIDAD ( Ingreso Neto/ Total Egresos *100)	23.93%	21.83%	26.29%	19.79%
RELACION COSTO-BENEFICIO (UB/TE)	1.24	1.22	1.26	1.20
Para el análisis económico se tuvo en cuenta una sobrevivencia por tratamiento de 95% para el T0, T1 93%; T2 97% y 92% para T3.como también para la determinación del ingreso neto valores de \$500 como precio de compra de los alevinos y un precio de venta de \$900				

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

- La presente investigación demostró la viabilidad de utilizar harina a partir de vísceras o desechos de trucha a nivel artesanal, evitando la contaminación de las fuentes de agua e incrementando la rentabilidad de las actividades acuícolas.
- Los coeficientes de digestibilidad real de la proteína, extracto etéreo y energía fueron superiores a los determinados por otras investigaciones realizadas con especies ícticas de aguas cálidas, lo cual explica por que se balancearon las dietas de acuerdo a los requerimientos de los peces de aguas cálidas, a la fase de desarrollo y a las condiciones de manejo. Además, el T2 registró diferencias con relación a los demás tratamientos.
- Los coeficientes de digestibilidad del E.N.N, registraron valores promedios del 48%, los cuales se explican por la incapacidad de los peces con tendencias carnívoras de asimilar y metabolizar carbohidratos de manera semejante a otras especies terrestres homeotérmicas.
- La conversión alimenticia al final del periodo experimental fue mejor en el T2 con 2.63, debido a una mayor aceptación, consumo de alimento y digestibilidad de la dieta suministrada; le sigue en su orden el tratamiento T3 con 3,33, T1 con 3,60 y T0 con 4,30, la conversión esta dentro de los rangos reportados por otros investigadores.
- Las dietas a base de harina de vísceras de pescado fueron fácilmente consumidas por la Mojarra patina, presentándose mayor consumo de alimento con 1804.5 g en el tratamiento T2, seguido por T3, con 1626.4 g, T1 con 1592 g, y el tratamiento T0 con 1498 g.
- Los ejemplares se adaptaron a las prácticas de limpieza, sifoneo y distribución de alimento realizadas en las cámaras metabólicas tipo Guelph, sin afectar el consumo de alimento y la sobrevivencia.
- La mejor rentabilidad, según el análisis parcial de costos lo registro el T2 con el 26.29%, seguido de T0 23.93%, T1 21.83% y T3 19,79%

### **7.2 RECOMENDACIONES**

- Estandarizar la calidad de la harina de vísceras de pescado H.V.P desde el punto de vista de su procesamiento para permitir obtener una materia prima de alta calidad y así poder incrementar los porcentajes de digestibilidad en la alimentación de Mojarra Patiana y otras especies.
- Utilizar la harina de vísceras de pescado H.V.P como fuente proteica en la formulación de dietas para la alimentación de alevinos de Mojarra Patiana en

porcentajes del 20% con el fin optimizar las ganancias de peso y conversión alimenticia. Igualmente, la incorporación de esta materia prima disminuye el impacto ambiental sobre las fuentes agua, debido a que estos subproductos simplemente, se eliminan en ellas, como lo hacen muchos acuicultores del sur occidente Colombiano.

- Evaluar el efecto y valor nutricional de la dieta T2, en la alimentación de Mojarra Patiana en las diferentes fases de levante, con el fin de obtener mayores rendimientos económicos.
- Promover y fomentar la producción comercial de la dietas T2 (20% de inclusión de harina de vísceras de pescado) como alternativa para el levante de especies ícticas de aguas cálidas.
- Ensayar dietas con niveles diferentes a los utilizados en esta investigación, para determinar el efecto sobre el crecimiento, reproducción y el margen de rentabilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

ARTEAGA, Armando. Caracterización de la ictiofauna en la parte media del río Hato Viejo, Municipio de Mercaderes, Popayán, 1996., 98 p. Trabajo de grado (Biólogo) Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación.

CAJAS, Álvaro. Determinación del nivel trófico de la especie íctica (*Cichlasoma ornatum* Regan 1905 PISCIS, Cichlidae) en el Río Patía. Popayán, 2002; 60 p. Trabajo de Grado (M.Sc- Recursos Hídricos). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación.

CASTILLO, Luis . Tilapia roja 2001. Una evolución de 20 años de la incertidumbre al éxito. html. [on line] Colombia: Abril 2001.Colombia. [Enero 2005]. Disponibilidad: <http://www.canola-council.org/pubs/mealguide/especiales.pdf>

\_\_\_\_\_. La historia genética e hibridación de la tilapia roja. Santander de Quilichao, Colombia. 1994.. 236. p

CASTRO, Darío. Peces del Río Putumayo. Una aproximación a los recursos ictiológicos del Río Putumayo. Mocoa, Putumayo: Corporación autónoma regional del Putumayo, 1994. 83p.

COLL, Julio. Acuicultura marina animal: Alimentación. 3 ed. Madrid: Ediciones mundi prensa. 1991..670. p

CHO, Young. La energía en la nutrición de los peces. En: Comisión asesora de investigación científica y técnica CAICYT. Nutrición en acuicultura II. Madrid: U. Labarta Editores, 1987..300. p

DEGANI, Gerardth. Digestibilidad aparente de proteína y carbohidratos en la alimentación de tilapia (*Oreochromis aureus*). Html. [on line] New York: Journal aquaculture. 1997 [Febrero 2005].Disponibilidad: <http://www.journal/aquaculture/israeli/degani/digestibilidad-tilapia.sectrons.php>.

ESPEJO, Carlos et al. Valor nutricional de la soya integral "Full fat" para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis sp*). En Memorias IV seminario internacional de acuicultura. Universidad Nacional de Bogotá 2003.P. 1-18

FADUL, Mónica. Nutrición y alimentación de peces. En: Fundamentos de Acuicultura continental. Vol 3. N° 14 (ene.-jun. 1993); 250 p.

HALVER, Jhon. The vitamins, fish nutrition. New York: Academic Press, 1988. 205p

HEPPER, Balfour y PRUGININ, Yoel. Cultivo de peces comerciales. México: Editorial Limusa, 1988.. 406 p

\_\_\_\_\_. Nutrición de peces comerciales en estanques de cultivo, México: Editorial Limusa, 1988. p. 33-36.

HIDALGO, F y ALLIOT, E. La digestión en los peces. Madrid, España. Espinosa de los monteros, Labarta editores, 1987. 300 p.

JARAMILLO, Darío. Alimentación de peces. Centro de investigación piscícola. Universidad de Caldas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 1986. 99p

LÓPEZ, Ignacio. Evaluación de la digestibilidad de la torta de soya (*Glycine max*) como ingrediente principal en la formulación de dietas en alevinos de Cachama Blanca (*Piaractus brachipomus*). Bogotá, 1994. 112 p. Trabajo de grado Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Naturales.

LÓPEZ, Jorge. Nutrición acuícola. Fisiología digestiva de los organismos hidrobiológicos de cultivo. Pasto, Colombia: Universidad de Nariño, 1997. p. 211.

\_\_\_\_\_. Nutrición y alimentación de Especies de aguas frías, medias, y cálidas de importancia acuícola. Pasto, Colombia, 1993. p. 146. Conferencias mimeografiadas, Universidad de Nariño. Facultad de Zootecnia

LÓPEZ, Jorge y RUBIO, Efraín. Vulnerabilidad de especies ícticas nativas con relación a especies ícticas introducidas en la cuenca alta del río Cauca. En: Revista Zootecnia. Vol. 4 N° 7 (jun.-oct. 2001); p.119.

LOVELL, T. Nutrición y alimentación para peces. En: Nutrición en Acuicultura. Vol. 2, N°. 9 (jun.-dic.1987); 320 p.

MARTÍNEZ, Eduardo. Diseño de alimento para peces. En: Seminario Nacional. Presente y Futuro de la Acuicultura en Colombia (2ª: 1990: Santa fe de Bogotá) Ponencias del Segundo Seminario Nacional y Futuro de la Acuicultura en Colombia. Santa fe de Bogotá, 1990. 150 p.

MONTEZUMA, Edwin; Delgado, Ana y Zúñiga, Alirio. Evaluación de la harina de vísceras de pollo como fuente de proteína en la alimentación de la fase juvenil del goldfish (*Carassius auratus*). Universidad de Nariño. Departamento de recursos hidrobiológicos. 2002. 85 p.

MONTOYA, Pedro. Peces del departamento del Valle. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle C.V.C., 1996. 57. p

NOSE. Thomas, On the digestion of food protein by goldfish (*Carassius auratus*) and rainbow trout *Salmo irideus*). Tokio Interamericana, 1990. p. 543.

N.R.C. Nutrient requirements of warm water fishes and shellfishes.html. (on line). Washington: National Academy Press.1983. (Enero 2004). Disponibilidad: [http://www.Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados.org/html](http://www.Nutrición_y_alimentación_de_peces_y_camarones_cultivados.org/html)

\_\_\_\_\_. Nutrients requirements of fish. Comité on Animal Nutrition Borrado on Agricultura National Research COUNCIL, National Academia Pres. Washington. D.C., 1993. p. 114.

OLVERA, Miguel. Digestibilidad en los peces, ensayos de laboratorio. Madrid: Editorial Acribia, 1998. 83-84p.

PEZZATO, Luiz. Digestibilidad aparente de ingredientes en la alimentación de Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*). En Memorias IV Seminario Internacional de acuicultura. Bogotá, 2003. p.1-11

SAEZ, Patricio. Utilización de dietas digestivas para peces. html. [on line]. Madrid. Agosto 1997. [Septiembre 2004]. Disponibilidad: [www.uct.cl/biblioteca/tesis-on-line/tesis-patricio-saez.pdf](http://www.uct.cl/biblioteca/tesis-on-line/tesis-patricio-saez.pdf).

STONE, Frederick. An acid digestion method for the determination of chromic oxide ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) used as an indicator substance in fish feed digestibility studies. Washington: Limusa, 1982. p. 350.

VARGAS, Janeth. Evaluación de los coeficientes de digestibilidad mediante óxido crómico de una dieta con base en los subproductos de harina de matadero de aves (HDMA) en la alimentación de alevinos de tilapia roja. Popayán, 2002. 63. p. Trabajo de Grado (M.Sc. Recursos hídricos). Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y de la Educación.

VÁSQUEZ, Walter y ARIAS Alfredo. Exigencias de proteína, carbohidratos y lípidos en dietas para juveniles de cachama blanca *Pyaractus brachipomus*. Memorias VIII jornada de acuicultura. Universidad de los Llanos Villavicencio. Colombia. Noviembre 1 de 2002, 76 p.

\_\_\_\_\_. Nutrición y alimentación peces. En : Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura de Colombia, Bogotá, 2001. 121p.

\_\_\_\_\_. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. Recursos de nutrientes -Usos y restricciones en raciones para peces. Villavicencio Colombia: Universidad de los Llanos, 2004..101 p.

\_\_\_\_\_. Nutrientes esenciales: Función y necesidades en la dieta para peces. html. [cd room] Colombia: Universidad de los Llanos. Diciembre. 2002. [Noviembre 2004]. Disponibilidad: [www.iall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS\\_VALIDAS/contenidos.pdf](http://www.iall.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/contenidos.pdf)

SHEPERD, Jonathan y BROMAGE, Niall. Piscicultura intensiva. Zaragoza: editorial Acribia, 199.p.155 .400. p.

WATANABE, Takeshi. Requerimientos de ácidos grasos y nutrición lipídica en los peces. En: Comisión asesora de investigación científica y técnica CAICYT. Nutrición en acuicultura II . Madrid : U. Labarta editores, 1987. p. 300.

WATANABE, Takeshi y CHO, Young. Finfish nutrition in Asia Methodological approaches to researches and development. Ottawa: Canadá Print, 1985.. 200. p

ZAMORA, Bernardo, Métodos para el estudio de los animales y las relaciones tróficas de los peces. Universidad central de Venezuela. Caracas, 1981.. 101. p

# **ANEXOS**

**ANEXO A. Parámetros fisicoquímicos del agua determinados con oxímetro YSI 55, pH American Marine y Termómetro Hatch 0 a 110°C. Datos promedios semanales de los tratamientos experimentales**

<b>Tratamiento T0</b>			
<b>semana</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Oxígeno disuelto(mg/l)</b>	<b>pH</b>
1	25	5.1	6.6
2	25.5	5.3	7
3	26	5.8	6.6
4	25.9	5.4	6.5
5	25.8	6	6.8
6	26	5.7	7
7	26	5.7	6.9
<b>Tratamiento T1</b>			
<b>semana</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Oxígeno disuelto(mg/l)</b>	<b>pH</b>
1	25.4	6	7
2	25.9	5.4	6.8
3	26	5.2	7
4	26	5.16	7
5	25.4	5.4	6.8
6	25.2	6	6.9
7		6	6.5
<b>Tratamiento T2</b>			
<b>semana</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Oxígeno disuelto(mg/l)</b>	<b>pH</b>
1	25.5	6	7
2	25.6	5.8	6.8
3	25.4	5.9	6.9
4	25.7	6.	6.5
5	26	5.9	6.8
6	25.9	5.8	6.5
7	26	6	6
<b>Tratamiento T3</b>			
<b>semana</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Oxígeno disuelto(mg/l)</b>	<b>pH</b>
1	25.5	5.5	6.6
2	25.6	5.8	6.7
3	25.8	6	6.9
4	26	5.8	7
5	25.9	5.7	6.4
6	25.7	5.6	6.4
7	26	5.9	6.4

## ANEXO B. Balanceo de dietas

Materias primas	Cant. Kg	Prot. %	Prot. dieta	Lípido %	Lípido dieta	Fibra %	Fibra dieta	Energía Kcal/100g	Energía Digest.
<b>Tratamiento 0</b>									
H. de vísceras	0	51.74	0.00	36.26	0.00	0.6	0.00	535.5	0.00
H. de carne	35.56	70.88	23.1	16.99	5.5	1.3	0.4	459.85	149.7
H. de Maíz	17.26	9	1.6	4.5	0.7767	3.5	0.6	110	19.0
Torta de soya	16.7	42.5	7.1	4.8	0.8	5.9	1.0	209.5	35.0
H. de hueso	3.4	10	0.3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Aceite de palma	19	15	2.9	47.8	9.1	0	0.00	663	125.97
Premezcla	10								
Vitamina c	0.03								
Oxitetraciclina	0.02								
Oxido crómico	1								
<b>Sumatoria</b>	<b>100</b>		<b>34.9</b>		<b>16</b>		<b>1.99</b>		<b>330</b>
<b>Requerimiento</b>	<b>100</b>		<b>34.5</b>		<b>8</b>		<b>6</b>		<b>330</b>
<b>Tratamiento 1</b>									
H. de vísceras	10	51.74	5.20	36.56	3.70	0.6	0.10	535.5	53.6
H. de carne	24.96	70.88	17.7	16.99	4.2	1.3	0.3	459.85	114.8
H. de Maíz	14	9	1.3	4.5	0.6300	3.5	0.5	110	15.4
Torta de soya	17	42.5	7.2	4.8	0.8	5.9	1.0	209.5	35.6
H. de hueso	6	10	0.6	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Aceite de palma	17	15	2.9	47.8	8.1260	0	0.00	663	112.71
Premezcla	10								
Vitamina c	0.03								
Oxitetraciclina	0.02								
Oxido crómico	1								
<b>Sumatoria</b>	<b>100</b>		<b>34.5</b>		<b>17</b>		<b>1.86</b>		<b>332</b>
<b>Requerimiento</b>	<b>100</b>		<b>34.5</b>		<b>8</b>		<b>6</b>		<b>330</b>
<b>Tratamiento 2</b>									
H. de vísceras	20	51.74	10.3	36.56	7.3	0.6	0.1	535.5	107.1
H. de carne	20.5	70.88	14.5	16.99	3.5	1.3	0.3	459.85	94.3
H. de Maíz	19	9	1.7	4.5	0.8550	3.5	0.7	110	20.9
Torta de soya	14.9	42.5	6.3	4.8	0.7	5.9	0.9	209.5	31.2
H. de hueso	3	10	0.3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Aceite de palma	11.5	15	1.7	47.8	5.4970	0	0.00	663	76.245
Premezcla	10								
Vitamina c	0.03								
Oxitetraciclina	0.02								
Oxido crómico	1								
<b>Sumatoria</b>	<b>100</b>		<b>34.9</b>		<b>18</b>		<b>1.92</b>		<b>330</b>
<b>Requerimiento</b>	<b>100</b>		<b>34.5</b>		<b>8</b>		<b>6</b>		<b>330</b>
<b>Tratamiento 3</b>									
H. de vísceras	30	51.74	15.5	36.56	11.0	0.6	0.19	535.5	160.7
H. de carne	14.5	70.88	10.3	16.99	2.5	1.3	0.18	459.85	66.68
H. de Maíz	20.76	9	1.9	4.5	0.9	3.5	0.73	110	22.8
Torta de soya	12.69	42.5	5.4	4.8	0.6	5.9	0.75	209.5	26.6
H. de hueso	3	10	0.3	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Aceite de palma	8	15	1.2	47.8	3.8240	0	0.00	663	53.04
Premezcla	10								
Vitamina c	0.03								
Oxitetraciclina	0.02								
Oxido crómico	1								
<b>Sumatoria</b>	<b>100</b>		<b>34.6</b>		<b>18.8</b>		<b>1.85</b>		<b>330</b>
<b>Requerimiento</b>	<b>100</b>		<b>34.5</b>		<b>8</b>		<b>6</b>		<b>330</b>

**ANEXO C. Análisis proximal de la harina de vísceras de pescado, harina de carne, torta de soya, harina de maíz, harina de hueso y aceite de palma.\***

<b>Ingrediente</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Proteína %</b>	<b>E. E. %</b>	<b>Fibra %</b>	<b>E.N.N %</b>	<b>Ceniza %</b>	<b>Energía Kcal/100g</b>
<b>H. Vísceras de pescado</b>	6.13	51.74	34.32	0.59	2.74	4.28	630
<b>H. de Carne</b>	5.81	70.88	16.00	1.18	2.53	3.61	541
<b>Torta de soya</b>	12.35	42.5	4.8	5.9	27.20	7.25	209.5
<b>H. de Maíz</b>	10.15	9	4.5	3.5	70.40	2.45	110
<b>H. de Hueso</b>	11.85	10	1.8	2.5	5.9	32.56	0
<b>Aceite de palma</b>	14.56	15	47.8	14.7	43.5	3.9	663

## **Anexo D Protocolo de Weende adaptado por el Laboratorio de Bromatología de la Universidad de Nariño.**

### **1. Determinación de materia seca total**

**a) Materiales y equipos:** Estufa con graduación de temperatura, desecador, cápsulas de porcelana, balanza analítica.

**b) Procedimiento:** Se tara una cápsula vacía en la estufa a 105°C por una hora, luego se transfiere al desecador y se enfría por 20 minutos. Se pesa 1 g de muestra hasta el mg más próximo, se seca en la estufa durante 3 horas a 105°C, se enfría en desecador por 20 minutos y se lleva a peso constante y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MST} = \frac{\text{Peso MST (g)}}{\text{peso muestra (g)}} \times 100$$

### **2. Determinación de ceniza**

**a) Materiales y equipos:** Horno de mufla con graduación de temperatura, desecador, crisoles de porcelana, balanza analítica.

**b) Procedimiento:** Se tara el crisol en la mufla a 600°C durante una hora, se lleva a la estufa a 105°C por 20 minutos, se enfría en el desecador por 20 minutos y se pesa hasta el mg más próximo, luego se pesa 1 g de muestra hasta el mg más próximo, se incinera en la mufla a 600°C durante 3 horas, se lleva a la estufa a 105°C por 20 minutos, se enfría en desecador y se pesa; se lleva a peso constante.

**c) Cálculos:**  $\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso cenizas}}{\text{peso muestra (g)}} \times 100$

### **3. Determinación de extracto etéreo**

**a) Materiales y equipos:** Extractor Soxhlet, estufa con graduación de temperatura, papel de filtro, desecador, balanza analítica.

**b) Reactivos:** Éter etílico

**c) Procedimiento:** se tara un balón de fondo plano, se pesa con precisión 1 g de muestra seca, esta se transfiere al papel filtro y se coloca en el extractor, se acopla el balón conteniendo 100 ml de solvente orgánico, al equipo extractor, se conecta la plancha de calentamiento, se controla la temperatura aprox. 35°C.

Se extrae la grasa bajo reflujo durante 8 horas, se desmonta la muestra, se recupera el solvente, se saca los balones a 65°C durante una hora, se enfría en desecador y se pesa.

**d) Cálculos:**  $\% \text{ E.E} = \frac{\text{Peso E.E}}{\text{peso muestra (g)}} \times 100$

#### 4. Determinación de fibra cruda

**a) Materiales y equipos:** estufa con control de temperatura, desecador, mufla, balanza analítica, plancha de calentamiento, bomba de vacío, tubos para reflujo, erlenmeyer de 125 ml, crisol Gooch, matraz buchner, lana de vidrio.

**b) Reactivos:** ácido sulfúrico 1,25%, hidróxido de sodio 24%, alcohol octílico (antiespumante).

**c) Procedimiento: Hidrólisis ácida.** Se pesa 0,2 g de muestra desengrasada y se transfiere al erlenmeyer, se adiciona 20 ml de ácido sulfúrico al 1,25% y se adiciona 3 gotas de antiespumante, se acopla al sistema de reflujo y se lleva a ebullición exactamente durante 30 minutos.

**Hidrólisis alcalina:** Se retira el refrigerante y se adiciona 2 ml de hidróxido de sodio al 24%, se acopla al sistema de reflujo y se deja hasta que ebulle nuevamente durante 30 minutos, se filtra la solución caliente a través del crisol Gooch con la lana de vidrio, previamente tarado, se transfiere todo el residuo al crisol lavando con agua caliente, se lava con acetona.

**Secado e incineración:** Secar el crisol en la estufa a 105°C durante un tiempo mínimo de 3 horas, se enfría en desecador y se pesa, se lleva a peso constante (Wa), se incinera en mufla a 600°C hasta obtener cenizas color blanco, aproximadamente media hora, se lleva a la estufa a 105°C por 20 minutos y se enfría el crisol en desecador por 20 minutos y se pesa (Wb)

**d) Cálculos:**  $\% \text{ F.C} = \frac{(W_a - W_b)}{\text{peso muestra (g)}} \times \% \text{ muestra desengrasada}$

$\% \text{ muestra desengrasada} = 100 - \% \text{ extracto etéreo.}$

#### 5. Determinación de proteína

**a) Materiales y equipos:** Digestor Kjeldahl, destilador de nitrógeno Labconco, bureta, balones Kjeldahl, erlenmeyer de 50 ml, balanza analítica.

**b) Reactivos:** ácido sulfúrico concentrado, hidróxido de sodio 32%, ácido bórico 4%, ácido sulfúrico 0,1 N titrisol, indicador mixto, mezcla catalítica.

**c) Procedimiento: Digestión.** Se pesa 0,2 g de muestra, se transfiere al balón Kjeldahl, se agrega 2 g de mezcla catalítica, se adiciona 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, se coloca el balón en el digestor y se digiere, primero a temperatura baja hasta aparición de humos blancos, después aumentar la

temperatura hasta que el líquido quede totalmente claro y de un color azul verdoso, se enfría.

**Destilación por arrastre con vapor.** Se mide 5 ml de ácido bórico al 4% en un erlenmeyer, se adiciona 3 gotas de indicador mixto, se transfiere el contenido del balón Kjeldahl al tubo de destilación, se lava cuidadosamente con agua destilada el balón y adicionar al tubo de destilación, Luego se adiciona 20 ml de hidróxido de sodio al 40%, hasta neutralizar la solución, queda de un color café oscuro, se coloca el erlenmeyer que contiene el ácido bórico en el terminal de la salida del equipo de destilación de modo que el terminal quede inmerso en el líquido, se destila por un tiempo de 6 minutos y se comprueba que se ha terminado la destilación de hidroxido de amonio con papel tornasol.

**Titulación.** Se titula el destilado con ácido sulfúrico 0,1 N, se anota el volumen de ácido sulfúrico gastado.

**d) Cálculos:** % proteína = 
$$\frac{V \times N \times 14 \times 6,25 \times 100}{\text{mg de muestra}}$$

**V:** volumen (ml) de ácido sulfúrico

**N:** Normalidad del ácido sulfúrico

**14:** Peso mili equivalente de nitrógeno

**6.25:** Factor para conversión a proteína

**mg de muestra:** peso (mg) de muestra

## 7. Determinación de energía bruta

**a) Materiales y equipos:** Bomba calorimétrica de oxígeno Parr 1341, bomba de oxígeno Parr 1108, balanza analítica, prensa par pastillas, cápsulas para combustión, alambre fusible Parr 45 C 10. erlenmyer 125 ml, bureta 25 ml

**b) reactivos:** carbonato de sodio 0.0709 N, indicador rojo de metilo

**c) procedimiento: preparación de la muestra y carga de la bomba de oxígeno.** Se pesa 1 g de muestra, se peletiza la muestra, se pesa el pellet y se coloca en la cápsula de combustión, se coloca la cabeza de la bomba sobre su soporte y se acopla los 10 cm. de alambre fusible entre los dos electrodos, se coloca en la cápsula de combustión con el pellet en el electrodo, se pone alambre fusible de tal forma que toque la superficie del pellet, se adiciona 4 ml de agua destilada a la bomba, se cierra la bomba con cuidado, dejar la válvula de gas durante esta operación, se cierra la válvula de gas, se inyecta máximo 30 atmósferas de oxígeno a través de la válvula de oxígeno.

**Llenado de la cubeta de calorímetro:** se adiciona 2000 ml de agua destilada a la cubeta del calorímetro.

**Observación de la temperatura e ignición de la muestra:** se activa la agitación y se deja que corra por 5 minutos con el fin de alcanzar el equilibrio antes de empezar las lecturas, se lee y se registra las temperaturas a intervalos de 1 minuto durante 5 minutos, se realiza la ignición de la muestra al minuto 5, la ignición se efectúa presionando el botón de ignición hasta que el indicador de luz se apague, se continúa el registro de temperatura a intervalo de 1 minuto, hasta que la diferencia entre lecturas sucesivas sea constante por 5 minutos, después de la última lectura de temperatura, se para el motor, se remueve la banda de agitación y se levanta la tapa del calorímetro.

**Corrección para el calor de formación de ácido nítrico:** se lava la superficie interior de la bomba de oxígeno con agua destilada hasta que no se presente reacción ácida ( verificar pH) aproximadamente 50 ml, se recoge el agua del lavado en un erlenmeyer, se adiciona 3 gotas de rojo de metilo, se titula con solución de carbonato de sodio 0.0709 N, se registra el volumen.

**d) Cálculos:** 
$$Hg = \frac{t \cdot W - e1 - e3}{m}$$

Hg: calor de combustión bruto ( cal/g).

T: aumento de temperatura neto corregido

W: equivalente energético del calorímetro  $W = 2546 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ .

e1. corrección en calorías para el calor de formación de ácido nítrico,

e3: Corrección en calorías para el calor de combustión de alambre fusible,  $e3 = 2,3 \text{ cal/cm}$ .

## **ANEXO E. Protocolo modificado por Furakawa para la determinación de óxido crómico**

**1. Materiales y equipos:** espectrofotómetro, balanza, balón aforado

**2. Reactivos:** ácido nítrico, ácido perclórico, molibdato de sodio.

**3. procedimiento:** Se pesa 0,1 g de muestra seca, luego se adicionó 5 ml de ácido nítrico concentrado y se realizó una digestión a una temperatura de 105°C por 45 minutos. Se enfrió, y se adiciona 0,5 ml de molibdato de sodio al 0,5%, posteriormente se adicionó 4 ml de ácido perclórico, luego se calentó a 220°C, hasta la oxidación de cromo, este proceso se evidencia con el cambio de color verde a naranja.

Luego nuevamente se vuelve a enfriar, a filtrar y aforar a 100 ml, se lee la absorbancia a 350 nm y esta lectura se interpola con la curva de calibración, realizada con dicromato de potasio.

**ANEXO F. Análisis de varianza para el consumo de alimento**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F tabulado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Tratamiento</b>	3	23953,8	7984,59	311,13	<b>0.0060</b>
<b>Error</b>	8	205,304	25,663		<b>No</b>
<b>Total</b>	11	24159,1			<b>Significativo</b>

**ANEXO G. Coeficientes de digestibilidad aparente de los tratamientos.**

<b>Coeficiente de digestibilidad Aparente.</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>											
	<b>T0R1</b>	<b>T0R2</b>	<b>T0R3</b>	<b>T1R1</b>	<b>T1R2</b>	<b>T1R3</b>	<b>T2R1</b>	<b>T2R2</b>	<b>T2R3</b>	<b>T3R1</b>	<b>T3R2</b>	<b>T3R3</b>
<b>Extracto E.</b>	89.69	90.30	89.75	89.34	89.02	88.81	93.29	93.09	92.82	90.02	89.64	89.87
<b>Proteína</b>	87.09	87.69	86.09	86.07	85.80	85.31	91.64	91.44	91.38	91.38	87.94	88.02
<b>Extracto No Nitrogenado</b>	52.49	52.08	52.92	52.74	51.73	50.23	44.12	42.71	41.87	43.70	42.58	42.84
<b>Energía</b>	85.86	86.48	85.91	87.63	87.34	86.96	89.50	89.05	88.79	86.73	86.17	86.37

**ANEXO H. Coeficientes de digestibilidad obtenidos por Vargas 2002 en la alimentación de alevinos de tilapia roja (*Oreochromis sp*) con harina de matadero de aves**

<b>Componente</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Materia seca	77.85	74.67	76.94	75.13
Proteína	90.23	86.85	87.67	86.54
Extracto no nitrogenado	77.12	73.85	75.39	71.05
Lípidos	83.83	86.40	88.58	91.68
Energía	83.72	82.51	83.88	83.09
Energía digestible kcal/100g	333	356	358	346

**ANEXO I. Coeficientes de digestibilidad aparente de ingredientes energéticos proteicos de origen vegetal y animal para tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) obtenidos por Pezzato, 2003.**

<b>Nutriente</b>	<b>Torta de soya</b>	<b>Harina de vísceras de ave</b>	<b>Harina de pescado</b>
<b>Proteína bruta</b>	71.04	73.87	78.55
<b>Extracto etéreo</b>	82.67	95.10	80.12
<b>Energía digestible Kcal/100g</b>	306	354	319

**ANEXO J. Coeficientes de digestibilidad aparente obtenidos por Degani 1997 en la alimentación de tilapia (*Oreochromis aureus*) con diferentes fuentes de proteína y carbohidratos.**

<b>Componente</b>	<b>Soya</b>	<b>Harina de Pescado</b>	<b>Subproductos de ave</b>
Proteína	90.87	88.75	89.04
Extracto no nitrogenado	75.36	84.48	87.67
Lípidos	95.24	89.06	75.02
CUE	82	86.4	84.94

**ANEXO K. Análisis estadístico para proteína**

**Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad real de la proteína**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F tabulado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Tratamiento</b>	3	57.2706	19.0902	15.10	<b>0.0012</b>
<b>Error</b>	8	10.1145	1.26431		*
<b>Total</b>	11	67.3851			<b>Significativo</b>

**Prueba de comparación múltiple Tukey 95% de confianza para coeficientes de digestibilidad real de proteína**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No de Replicas</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>		
0	3	86.9567	<b>A</b>	<b>B</b>	
1	3	85.7267	<b>A</b>		
<b>2</b>	<b>3</b>	<b>91.4867</b>			<b>C*</b>
3	3	89.0133		<b>B</b>	<b>C</b>

**ANEXO L. Coeficientes de digestibilidad aparente de la soya integral en la alimentación de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp*), reportados por Espejo, 2003.**

<b>Nutriente</b>	<b>Control</b>	<b>Soya 25</b>	<b>Soya 30</b>	<b>Soya 35</b>	<b>Soya 40</b>
<b>Proteína</b>	84.7	84.5	85.5	85.9	86.6
<b>Lípidos</b>	88.9	92.6	93.4	92.0	91.1
<b>Energía Kcal/100g</b>	70.7	71.0	71.7	72.8	72.7
<b>Energía digestible Kcal/100g</b>	306	320	336	340	336

**ANEXO M. Análisis estadístico para extracto etéreo**

**Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad real de Extracto etéreo**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F tabulado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Tratamiento</b>	3	28.3283	9.44278	136.59	<b>0.0000</b>
<b>Error</b>	8	0.553067	0.06913		<b>** Altamente</b>
<b>Total</b>	11	28.8814			<b>Significativo</b>

**Prueba de comparación múltiple Tukey 95% de confianza para coeficientes de digestibilidad real de Extracto etéreo**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No de Replicas</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
0	3	89.9133	<b>B</b>
1	3	89.0567	<b>A</b>
<b>2</b>	<b>3</b>	<b>93.0667</b>	<b>C**</b>
3	3	89.8433	<b>B</b>

**ANEXO N. Análisis estadístico para Extracto no nitrogenado**

**Análisis de varianza para el coeficiente de digestibilidad real de Extracto no nitrogenado**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F tabulado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Tratamiento</b>	3	247.668	82.5561	96.90	<b>0.0000</b>
<b>Error</b>	8	6.81553	0.851942		<b>** Altamente</b>
<b>Total</b>	11	254.484			<b>Significativo</b>

**Prueba de comparación múltiple Tukey 95% de confianza para coeficientes de digestibilidad real de Extracto no nitrogenado**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No de Replicas</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
0	3	51.5667	<b>B</b>
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>52.4967</b>	<b>**B</b>
2	3	42.90	<b>A</b>
3	3	43.04	<b>A</b>

**ANEXO O Análisis estadístico para coeficiente de utilización energética (CUE).**

**Análisis de varianza para el coeficiente de utilización energética (CUE)**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F tabulado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Tratamiento</b>	3	16.5566	5.51887	50.05	<b>0.0000</b>
<b>Error</b>	8	0.8822	0.1110275		<b>** Altamente</b>
<b>Total</b>	11	17.4388			<b>Significativo</b>

**Prueba de comparación múltiple Tukey 95% de confianza para coeficiente de utilización energética (CUE)**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No de Replicas</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
0	3	86.0833	<b>A</b>
1	3	87.31	<b>B</b>
<b>2</b>	<b>3</b>	<b>89.1133</b>	<b>C**</b>
3	3	86.4233	<b>A</b>

**ANEXO P. Anexo Q Análisis estadístico para energía digestible**

**Análisis de varianza para energía digestible**

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F tabulado</b>	<b>Valor de p</b>
<b>Tratamiento</b>	3	2707.0	902.33	601.56	<b>0.0000</b>
<b>Error</b>	8	12.0	1.5		<b>** Altamente</b>
<b>Total</b>	11	2719.0			<b>Significativo</b>

**Prueba de comparación múltiple Tukey 95% de confianza para energía digestible**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No de Replicas</b>	<b>Media</b>	<b>Grupos Homogéneos</b>
0	3	312.0	<b>A</b>
1	3	327.667	<b>C</b>
2	3	351.667	<b>D**</b>
3	3	318.667	<b>B</b>