

**COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DEL HIDROLIZADO DE VÍSCERAS DE
CACHAMA BLANCA, UTILIZADO COMO FUENTE DE PROTEÍNA EN LA
ALIMENTACIÓN DE ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus
brachypomus*, Cuvier 1818) MEDIANTE EL MÉTODO DE ÓXIDO CRÓMICO
 Cr_2O_3 Y ACUARIOS METABÓLICOS**

**CESAR ANDRÉS IZQUIERDO ROSERO
DIANA OMAIRA SALAZAR RAMOS**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2012**

**COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD DEL HIDROLIZADO DE VÍSCERAS DE
CACHAMA BLANCA, UTILIZADO COMO FUENTE DE PROTEÍNA EN LA
ALIMENTACIÓN DE ALEVINOS DE CACHAMA BLANCA (*Piaractus
brachypomus*, Cuvier 1818) MEDIANTE EL MÉTODO DE ÓXIDO CRÓMICO
 Cr_2O_3 Y ACUARIOS METABÓLICOS**

**CESAR ANDRÉS IZQUIERDO ROSERO
DIANA OMAIRA SALAZAR RAMOS**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Ingeniero en Producción Acuícola**

**Presidente
JORGE NELSON LOPEZ MACIAS
D.M.V.Z. Esp., M.Sc., Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS
PROGRAMA INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN ACUÍCOLA
PASTO, COLOMBIA
2012**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas, conceptos, comentarios y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

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

Nota de aceptación

JORGE NELSON LOPEZ MACIAS
D.M.V.Z. Esp.,M.Sc.,Ph.D
Presidente

GLORIA SANDRA ESPINOSA
Ing. Producción Acuícola., Tec. Química., Esp.
Jurado Delegado

PILAR NARVAEZ ERAZO
Zoot., Esp.
Jurado

San Juan de Pasto, 30 de Mayo de 2012

DEDICATORIA

A DIOS, por guiar cada uno de mis pasos, a mi MAMÁ y mi PAPÁ por su soporte, amor incondicional y por estar presentes en cada día de mi vida, a mis hermanos Cris, Luchito y Vale, por su confianza y amor inigualable, a mis profesores y a mis verdaderos amigos, que me brindaron su conocimiento y su mano amiga, contribuyendo a la culminación de este gran logro...y a todas las personas que con sus dudas y desconfianza en mis capacidades, aportaron la chispa que encendió mis motores para llegar al final de este camino y al inicio de uno próximo...

"La confianza en uno mismo es el primer peldaño para ascender por la escalera del éxito."

...DIANA SALAZAR...

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza y la capacidad para alcanzar este logro, a mis padres por ser las personas que me han brindado todo su apoyo y la ayuda incondicional que cualquier hijo quisiera tener, a mis hermanos Mario y Jessica que son la alegría y mi inspiración para seguir adelante, a toda mi familia que siempre han sido una muralla indestructible con su gran unión y dedicación familiar.

A la memoria de mi abuelo el cual fue el respaldo incondicional para mí y toda mi familia.

A mis profesores por darme sus conocimientos y encargarse de mi formación profesional.

A mi novia y amigos los cuales estuvieron siempre ahí brindándome su ayuda en los momentos más difíciles.

....CESAR IZQUIERDO...

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

LUIS ALFONSO SOLARTE P.	Zoot., Esp., Secretario Académico Facultad de Ciencias Pecuarias.
RUTH DAYANA LUCERO S.	Ing. en Producción Acuícola., Msc.
CAMILO LENIN GUERRERO R.	Ing. en Producción Acuícola.
MARCO ANTONIO IMUES F.	Zoot., Esp., Msc
YEISON ERAZO VELAZCO	Ing. en Producción Acuícola.
PIEDAD MEJIA SANTACRUZ	Secretaria del Programa IPA
OSCAR MEJIA SANTACRUZ	Economista

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	19
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MARCO TEÓRICO	22
4.1 GENERALIDADES DE LA CACHAMA BLANCA (<i>Piaractus brachypomus</i> , Cuvier 1818)	22
4.1.1 Clasificación taxonómica	23
4.2 DIGESTIBILIDAD	24
4.2.1 Digestibilidad de proteína	25
4.2.2 Digestibilidad de lípidos	25
4.2.3 Digestibilidad de carbohidratos	26
4.2.4 Digestibilidad de fibra	27
4.3 ABSORCIÓN DE NUTRIENTES	27
4.3.1 Absorción de Calcio	27
4.3.2 Absorción de Fósforo	28
4.4 PROPORCIÓN DE PROTEÍNA Y ENERGÍA EN LAS DIETAS	28
4.5 ENERGÍA DIGESTIBLE	29
4.5.1 Eficiencia energética de los peces	30
4.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA CACHAMA BLANCA	30
4.7 MATERIAS PRIMAS	30
4.7.1 Materias primas de origen animal	30
4.7.1.1 Harina de pescado	31
4.7.1.2 Hidrolizado	31
4.7.2 Materias primas de origen vegetal	31
4.7.2.1 Torta de soya	31
4.7.2.2 Maíz	32
4.7.3 Vitaminas	32
4.8 UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE PESCADO COMO ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN DE PECES	32
4.8.1 Hidrolizados proteicos	33
4.8.1.1 Tipos de obtención de hidrolizados proteicos	34
4.8.2 Conservación y usos del hidrolizado de pescado	35
4.9 MARCADORES INERTES	37
5. DISEÑO METOLÓGICO	38

5.1	LOCALIZACIÓN	38
5.2	MATERIAL BIOLÓGICO	38
5.2.1	Transporte	38
5.3	INSTALACIONES Y EQUIPOS	38
5.3.1	Acuarios de digestibilidad	38
5.3.2	Materiales, materias primas y equipos	39
5.3.2.1	Materias primas	39
5.3.2.2	Reactivos	39
5.3.2.3	Materiales	39
5.3.2.4	Equipos	40
5.4	PLAN DE MANEJO	40
5.4.1	Adecuación del laboratorio	40
5.4.2	Desinfección de instalaciones y acuarios	40
5.4.3	Aclimatación	41
5.4.4	Parámetros fisicoquímicos de las unidades de estudio	41
5.4.5	Muestreo	41
5.5	ELABORACIÓN DEL HIDROLIZADO	41
5.5.1	Transporte de vísceras	41
5.5.2	Limpieza y cocción de las vísceras	42
5.5.3	Inclusión de ácido y melaza	42
5.5.4	Estabilización y almacenamiento del hidrolizado	42
5.5.5	Flujograma del proceso de elaboración del hidrolizado	42
5.6	ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN	43
5.6.1	Alimento	43
5.6.2	Alimentación	43
5.6.3	Balanceo de dietas	43
5.6.4	Preparación de las dietas	44
5.6.4.1	Molienda	44
5.6.4.2	Incorporación de óxido crómico al alimento	44
5.6.4.3	Mezclado	44
5.6.4.4	Incorporación del hidrolizado al alimento	45
5.6.4.5	Peletización	46
5.7	RECOLECCIÓN DE HECES	47
5.8	ANÁLISIS BROMATOLÓGICO	48
5.9	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	48
5.9.1	Tratamientos	48
5.9.2	Diseño experimental	49
5.9.3	Análisis estadístico	49
5.9.4	Formulación de hipótesis	49
5.9.5	Variables evaluadas	50
6.	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	52
6.1	COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD	52
6.1.1	Coeficiente de digestibilidad de proteína	52

6.1.2	Coeficiente de utilización energética y energía digestible	54
6.1.3	Coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo	55
6.1.4	Coeficiente de digestibilidad de extracto no nitrogenado	56
6.2	CONSUMO DE ALIMENTO	57
6.3	ANÁLISIS DE NUTRIENTES	58
6.3.1	Dietas experimentales	58
6.3.2	Heces	59
6.3.3	Biodisponibilidad de minerales	59
6.4	EVALUACIÓN DE VARIABLES PRODUCTIVAS	61
6.4.1	Incremento de peso	61
6.4.2	Incremento de talla	62
6.4.3	Conversión alimenticia	63
6.5	SOBREVIVENCIA	63
6.6	CALIDAD DE AGUA	64
6.7	ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS	66
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
7.1	CONCLUSIONES	68
7.2	RECOMENDACIONES	68
	BIBLIOGRAFÍA	69
	ANEXOS	75

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requerimientos nutricionales en fase de alevinaje	30
Tabla 2. Porcentaje de cada materia prima a incluir por cada 100 g de alimento.	43
Tabla 3. Cantidad total de materias primas a emplear en cada uno de los tratamientos, en diferentes porcentajes de inclusión de hidrolizado de vísceras de cachama blanca (H.H.V.C.B)	44
Tabla 4. Coeficientes de digestibilidad promedio (%) para proteína, extracto etéreo, E.N.N, Energía digestible y CUE de las dietas evaluadas (0-10-20-30% de H.V.C.B)	52
Tabla 5. Consumo de alimento (g) promedio de alevinos de Cachama Blanca (<i>P.brachypomus</i>) con cuatro niveles inclusión de harina de vísceras de cachama blanca (H.H.V.C.B).	58
Tabla 6. Análisis proximal de dietas experimentales	59
Tabla 7. Análisis proximal de las heces por tratamiento	59
Tabla 8. Relación Ca/P y CD de minerales para cada tratamiento	60
Tabla 9. Análisis parcial de costos	66

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Alevino de Cachama blanca (<i>P. brachypomus</i>)	24
Figura 2. Distribución de los acuarios	39
Figura 3. Recepción de vísceras	42
Figura 4. Limpieza y cocción de las vísceras	43
Figura 5. Mezclado materias primas	45
Figura 6. Inclusión del hidrolizado al alimento	46
Figura 7. Elaboración de los pelets	47
Figura 8. Recolección de heces	47
Figura 9. Limpieza de residuos	47
Figura 10. Almacenamiento de heces	48
Figura 11. Coeficiente de digestibilidad de proteína por tratamiento	53
Figura 12. Coeficiente de utilización energética por tratamiento	54
Figura 13. Energía digestible por tratamiento	55
Figura 14. Coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo por tratamiento	56
Figura 15. Coeficiente de digestibilidad de E.N.N por tratamiento	57
Figura 16. Coeficiente de digestibilidad de Calcio y Fósforo por tratamiento	60
Figura 17. Incremento de peso diario por tratamiento	62
Figura 18. Incremento de talla diaria por tratamiento	62
Figura 19. Conversión alimenticia por tratamiento	63
Figura 20. Mortalidad presentada durante periodo de estudio	64
Figura 21. Supervivencia por tratamiento	64
Figura 22. Registro de temperatura durante periodo de estudio	65
Figura 23. Registro de pH durante periodo de estudio	65
Figura 24. Relación B/C por tratamiento	66

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Registro de temperatura y pH durante el periodo de estudio	74
Anexo B. Flujo grama de elaboración de hidrolizado de vísceras de cachama blanca	
Anexo C. Balanceo de dietas al mínimo costo	75
Anexo D. Análisis bromatológico de Torta de soya	76
Anexo E. Análisis bromatológico de Harina de pescado	77
Anexo F. Análisis bromatológico de Harina de maíz	78
Anexo G. Análisis bromatológico de Harina de trigo	79
Anexo H. Análisis bromatológico de Hidrolizado de vísceras de cachama blanca	80
Anexo I. Análisis bromatológico de dieta balanceada T0	81
Anexo J. Análisis bromatológico de dieta balanceada T1	82
Anexo K. Análisis bromatológico de dieta balanceada T2	83
Anexo L. Análisis bromatológico de dieta balanceada T3	84
Anexo M. Análisis bromatológico de Heces T0	85
Anexo N. Análisis bromatológico de Heces T1	86
Anexo Ñ. Análisis bromatológico de Heces T2	87
Anexo O. Análisis bromatológico de Heces T3	88
Anexo P. Análisis de varianza del Coeficiente de digestibilidad de proteína	89
Anexo Q. Análisis de varianza del Coeficiente de utilización energética	90
Anexo R. Análisis de varianza de Energía digestible	91
Anexo S. Análisis de varianza del Coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo	92
Anexo T. Análisis de varianza del Coeficiente de digestibilidad de extracto no nitrogenado	93
Anexo U. Análisis de varianza de consumo de alimento	94
Anexo V. Análisis de varianza de biodisponibilidad de minerales	95
Anexo W. Análisis de varianza de peso inicial	96
Anexo X. Análisis de varianza de biomasa	97
Anexo Y. Cálculo de conversión alimenticia	98
Anexo Z. Análisis de varianza de sobrevivencia	99
Anexo Z 1. Análisis de varianza de temperatura y pH	100

GLOSARIO

DIGESTIBILIDAD: molécula nutritiva que es asimilada por el epitelio simple cilíndrico del intestino anterior y cae al sistema portal.

COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDAD: cantidad de nutriente proveniente del alimento que es asimilado por el animal y se expresa en porcentaje.

MARCADOR INERTE: indicadores empleados en estudios de digestibilidad debido a que no afectan la fisiología digestiva, no son tóxicos, se mueven a la misma velocidad del alimento y no son absorbidos por el epitelio intestinal.

HIDROLIZADO: producto resultante de la digestión ácida o enzimática de materias proteicas animales.

ACUARIOS METABÓLICOS: acuarios empleados en ensayos de digestibilidad los cuales cuentan con una lámina inclinada en sentido horizontal, que facilita la recolección de las heces.

RESUMEN DEL PROYECTO

La investigación evaluó los coeficientes de digestibilidad de nutrientes y energía de harina preparada a partir de hidrolizado de vísceras de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) utilizada como fuente proteica, en niveles de inclusión del 10 al 30% en dietas de alevinaje de cachama blanca. Se analizaron 320 animales con un peso promedio de $6 \pm 1,15$ g, distribuidos en un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos y 4 réplicas. El estudio se realizó en acuarios metabólicos de 27 litros con 20 ejemplares por acuario, a una temperatura de $30,5 \pm 0,3$ °C y pH de 6,6. Las variables estudiadas fueron: incremento diario de peso y talla, conversión alimenticia y sobrevivencia. El hidrolizado se elaboró con ácido sulfúrico al 98% y melaza, con tiempo de maduración de 20 días obteniendo un pH estable de $3,5 \pm 0,2$. Los coeficientes de digestibilidad se calcularon por el método indirecto, usando óxido crómico al 0,5% como indicador inerte. La recolección de las heces se extendió hasta obtener 5 g de materia seca por réplica. Los coeficientes de digestibilidad fueron 90% proteína, 90% E.E, 85% E.N.N, 80% CUE y la energía digestible representó un valor promedio aproximado de 935 Kcal/Kg. El análisis económico reportó valores superiores de rentabilidad y B/C para el T1 con 41,13% y 1,41 respectivamente. El análisis de todas las variables evaluadas reportó que el mejor tratamiento es el T1 con 10% de inclusión de harina de hidrolizado de vísceras de cachama blanca (H.H.V.C.B). Se concluye que el H.H.V.C.B a nivel de inclusión del 10% se constituye en una dieta adecuada para el alevinaje de cachama, debido a los mejores coeficientes de digestibilidad de proteína, sobrevivencia y análisis económico.

ABSTRACT

The digestibility coefficients of nutrients and energy evaluated by flour prepared from Tambaqui (*Piaractus brachypomus*) silage used as a protein source, at inclusion levels of 10 to 30% in nursery diets of Tambaqui. 320 animals were analyzed with an average weight of 6 ± 1.15 g, distributed in a completely randomized design with 4 treatments and 4 replicates. The study was conducted in 27 liter aquaria metabolic with 20 fish per aquarium, at a temperature of 30.5 ± 0.3 ° C and 6.6 pH. The variables studied were daily increasing weight and size, feed conversion and survival. The hydrolyzate was prepared with 98% sulfuric acid and molasses, with time to maturity of 20 days to obtain a stable of 3.5 ± 0.2 pH. The digestibility coefficients were calculated by the indirect method using chromic oxide as indicator 0.5% inert. Stool collection was extended until 5 g of dry matter per replicate. The digestibility coefficients were 90% protein, 90% EE, ENN 85%, 80% and digestible energy CUE represented an average value of about 935 Kcal/Kg. The economic analysis reported higher values of profitability and B/C for T1 to 41.13% and 1.41 respectively. The analysis of all variables reported that T1 is the best treatment with 10% inclusion of flour tambaqui silage. We conclude that the inclusion of flour tambaqui silage level of 10% constitutes a proper diet for fingerling tambaqui, due to improved protein digestibility coefficients, survival and economic analysis.

INTRODUCCION

Las proyecciones de las Naciones Unidas, citadas por Solar¹, aseguran que la población mundial llegará en el 2025 a 8000 millones de personas, al mismo tiempo la FAO², sostiene que la producción acuícola es una buena alternativa para cubrir las deficiencias alimenticias, por lo que se necesitará pasar de una producción actual de 137 millones a una de 165 millones de toneladas métricas, a través del aumento en la eficiencia productiva, que implica mejorar las condiciones de manejo, infraestructura y calidad genética de las especies. Según Vásquez, “En el mundo la eficiencia productiva de la piscicultura, está dirigida a aplicar biotecnologías reproductivas, genéticas, nutricionales y sanitarias, con el fin de solucionar limitantes en cultivos de Cachama”³.

En Colombia, la acuicultura se ha fortalecido con fines comerciales, investigativos o de repoblamiento y de acuerdo con la CCI⁴ la acuicultura Colombiana se constituye en una importante fuente de alimento y en una actividad generadora de ingresos y empleo, mostrando un crecimiento superior al 10% promedio anual, con una producción nacional de cachama de 8.4 toneladas durante el año 2010, llegando a considerar a esta especie como la tercera especie piscícola en el ámbito nacional y la principal en el programa de seguridad alimentaria rural.

De acuerdo con Murillo⁵ *et al*, la investigación en cachama blanca, ha sido orientada principalmente al conocimiento de su biología, anatomía, hematología

¹ SOLAR I. Biotecnología aplicada a la acuicultura. Aquanoticias. [en línea] Santiago de Chile, Chile. [citado 12 ene., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.fao.org/docrep/005/y7300s/y7300s00.htm>>

² FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO. El estado actual de la acuicultura en Colombia y perfiles de nutrición y alimentación. Documento técnico de pesca. [en línea] Roma, Italia. [citado 12 ene., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab487s/AB487S05.htm#ch4.4.2>>

³ VÁSQUEZ-TORRES W. Retrospectiva del cultivo de las cachamas en Colombia. Memorias II Congreso nacional de acuicultura. Universidad de los Llanos, Villavicencio, 2004, p. 71-73.

⁴ CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL. CCI. Resultados encuesta nacional piscícola 2010B. [en línea] Bogotá, Colombia. Reportes de oferta agropecuaria. Sistema de información de la oferta agropecuaria [citado 12 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL: http://www.cci.org.co/oferta/ENCUESTA_PISCICOLA_2010B.pdf>

⁵ MURILLO, R, GUEVARA, S y ORTIZ, A. Evaluación de dos dietas con proteína de origen vegetal en alimentación de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) en fase de levante, utilizando

básica, sanidad, hábitos alimenticios, requerimientos nutricionales, efectos productivos en policultivo, criopreservación de gametos y manipulación de su ciclo reproductivo bajo condiciones de cautiverio, pero existen pocos estudios referentes a nuevas alternativas alimenticias que garanticen el incremento de las variables productivas.

Según López⁶, el alto costo de las materias primas proteicas utilizadas en las dietas para peces y la escasez de harina de pescado en el mercado internacional, generan la importancia de evaluar estrategias que permitan la inclusión de nuevas fuentes proteicas como es el caso del hidrolizado de vísceras de pescado, que asegura aceptables ganancias de peso por periodo y disminuye los gastos operacionales en la disposición sanitaria de productos y subproductos generados en la industria acuícola.

Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación se propuso determinar el coeficiente de digestibilidad del hidrolizado de vísceras de cachama blanca en la alimentación de alevinos de la misma especie, con el fin de mejorar la tasa de rentabilidad del cultivo debido a los altos costos de producción que representa el alimento balanceado y disminuir el impacto ambiental generado por la eliminación de estos desechos directamente a las fuentes hídricas.

ingredientes de la región del Ariari. [en línea] Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. [citado 14 ene., 2012]. Disponible en internet.
<URL: http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Murillo.pdf>

⁶ LOPEZ-MACIAS, J. Nutrición acuícola. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño.1997. p. 32

1. DEFINICION Y LIMITACION DEL PROBLEMA

En la alimentación de especies ícticas nativas es imperativo evaluar materias primas proteicas de fácil consecución y fácil transformación, como es el caso del hidrolizado de vísceras de pescado que permite la elaboración de una dieta balanceada artificial que proporcione todos los nutrientes según la especie íctica, fase fisiológica, etapa de cultivo, condiciones de salud, entre otras, con el propósito de mejorar la ganancia de peso, rentabilidad y sobrevivencia.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál es el coeficiente de digestibilidad de dietas elaboradas con harina de hidrolizado de vísceras de cachama en diferentes porcentajes de inclusión en la alimentación de alevinos de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*)?

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el coeficiente de digestibilidad del hidrolizado de vísceras de cachama utilizado como fuente de proteína en la alimentación de alevinos de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818) mediante el método de óxido crómico Cr_2O_3 y acuarios metabólicos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el coeficiente de digestibilidad de: proteína, extracto no nitrogenado y extracto etéreo en las dietas de alevinaje de Cachama blanca.
- Establecer la energía digestible y el coeficiente de utilización energética en las diferentes dietas experimentales.
- Determinar el contenido de minerales en las heces y alimento de cada uno de los tratamientos.
- Calcular incrementos de peso y talla periódicos, consumo de alimento y conversión Alimenticia, en cada una de las dietas experimentales.
- Realizar un análisis parcial de costos para obtener rentabilidad y relación beneficio-costos de cada uno de los tratamientos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 GENERALIDADES DE LA CACHAMA BLANCA (*Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818)

Según Mesa y Botero “La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) es nativa de las cuencas de los ríos Orinoco y Amazonas es considerada como la especie de mayor potencial productivo y comercial en la piscicultura extensiva, semi intensiva e intensiva de aguas cálidas continentales de América tropical, resistente a enfermedades y de fácil adaptación a condiciones limnológicas desfavorables por períodos no prolongados”⁷.

De acuerdo con González citado por Ortega⁸, la cachama blanca es una especie de alta fecundidad individual, aunque su reproducción natural no se presenta en cautiverio. Mediante el uso de técnicas de reproducción artificial, la cachama puede producir de uno a tres millones de huevos, de los cuales, gran parte alcanzan el estado de larvas, alevinos y juveniles de talla comercial. Esta especie requiere de gran cuidado y atención en las etapas de incubación, desarrollo larval y crecimiento de juveniles.

Para la FAO:

Las cachamas (*Colossoma sp.* y *Piaractus sp.*) son las únicas especies nativas de las aguas cálidas colombianas, que han logrado a la fecha, una importante aceptación para programas piscícolas, ya que existe tecnología para la producción masiva de sus alevines y adecuados conocimientos para atender proyectos piscícolas de carácter intensivo y semi-intensivo. Su mayor dificultad en los mercados radica en la forzada comparación que se hace con los grandes

⁷ MESA-GRANDA, M y BOTERO-AGUIRRE, M. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. [en línea] Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol 20. Bogotá D.C. 2007. [citado 15 feb., 2011]. Disponible en internet. <URL: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/262>>

⁸ ORTEGA, A y ROSERO, L. evaluación comparativa de la porquinaza y el abono triple 15 en el cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado. Zootecnista. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal. 1998. p. 7

ejemplares que tradicionalmente se han capturado de los ríos de las cuencas del Orinoco y el Amazonas⁹.

Según Soler¹⁰, las cachamas y las carpas son consideradas como los principales representantes de las especies omnívoras siendo los primeros con tendencia a carnívoros y los segundos con tendencia a herbívoros; en términos generales para las especies herbívoras se aprecia que el largo del intestino es aproximadamente 40% de la longitud del cuerpo y el pH del fluido intestinal tiene tendencia de neutro a básico 6.7-7.7; mientras que en los carnívoros, la acidez es mas baja y el intestino es corto. En la cachama blanca el estómago representa un 7-8% del peso total del animal. La cachama y la carpa presentan fisiología digestiva similar en cuanto a tamaño de intestino y tendencias alimenticias, por lo tanto se suelen referenciar los mismos parámetros y requerimientos nutricionales para las dos especies.

4.1.1 Clasificación taxonómica. Según Ortega y Rosero la cachama blanca se clasifica así:

Reino: Animal

Orden: Characiforme

Familia: Characidae

Género: Piaractus

Especie: brachypomus

Nombre científico: Piaractus brachypomus

Nombre común: Cachama blanca, gaimatana, paco, morocoto, tambaqui blanco¹¹.

⁹ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO. El estado actual de la acuicultura en Colombia y perfiles de nutrición y alimentación. Op. Cit.,

¹⁰ SOLER-JARAMILLO, M. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Capítulo II: Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Bogotá, Colombia. 1996. p 28.

¹¹ ORTEGA, A y ROSERO, L. Op. Cit., p 7

Figura 1. Alevino de Cachama blanca



Fuente Peces Ornamentales de Agua Dulce

4.2 DIGESTIBILIDAD

Higuera¹² afirma que, el valor nutritivo de un alimento depende de su contenido en nutrientes, capacidad del animal para ingerirlos y absorberlos; variando los resultados según la especie, condiciones ambientales y procesos tecnológicos a los que ha sido sometido el alimento. Describiendo así, a la digestibilidad como: la fracción del nutriente o energía del alimento que no ha sido excretada en las heces. Para Cho¹³, es difícil separar las heces de los peces del agua y evitar la lixiviación de las mismas o la mezcla con el alimento no consumido, este problema ha incentivado la implementación de métodos diferentes a los usados, para medir la digestibilidad, obteniendo muestras del contenido del recto manualmente: por masaje abdominal del pez, exprimiendo suavemente para sacar el material fecal del recto, aplicando succión en el ano o diseccionando al pez; lo cual produce una contaminación de las muestras con fluido fisiológico y epitelio intestinal.

PECES DE AGUA DULCE. [citado ene 11 de 2012] disponible en Internet <URL:<http://elacuario.org/pecesOrnamentales/pecesdecolombia/n/piaractusbrachypomus.JPG>>

¹² HIGUERA, M. Nutrición en Acuicultura II. Diseños y métodos especiales de evaluación de dietas. J.a. Monteros y m. Labarta, editores. Madrid, España. 1996. p. 291.

¹³ CHO, Young. La energía en la nutrición de los peces. Nutrición en acuicultura II. Comisión asesora de investigación científica y técnica. CAICYT. Madrid, España. Universidad labarta editores. 1987. p. 216-220

4.2.1 Digestibilidad de proteína. Según Carias *et.al*:

La determinación de la digestibilidad proteica de un alimento es un factor importante en la estimación de su calidad proteica. La digestibilidad de una proteína es uno de los condicionantes del índice de calidad de las proteínas y se define como la fracción de nitrógeno ingerido con el alimento y que es absorbido en el tracto gastrointestinal. Se expresa en porcentaje, siendo 100 un valor de digestibilidad ideal. Las proteínas de origen animal poseen una buena digestibilidad, lo que implica una buena absorción, mientras que en las de origen vegetal, generalmente su digestibilidad es inferior¹⁴.

Steffens citado por Soler¹⁵ afirma que, los alevinos de cachama y de carpa, no presentan tejido pancreático desarrollado, razón por la cual la actividad de proteasas alcalinas es poca en el canal digestivo. A temperaturas entre 20°C y 23°C y 14 días después de iniciar la capacidad natatoria y de ingerir alimento aumentan las secreciones y ocurre una mayor actividad proteolítica en el intestino, siendo 5 o mas veces superior al inicio. El aumento de la fracción proteica en la ración incrementa la actividad proteásica y un descenso la disminuye.

4.2.2 Digestibilidad de lípidos. De acuerdo con Farkas citado por Hepper¹⁶, la mayoría de especies ícticas de agua dulce, no pueden sintetizar los ácidos grasos de las series omega 6 (linoléico) y omega 3 (linolénico) y cuando consigue hacerlo, las cantidades no son suficientes para cubrir sus necesidades; por tal razón, estos deben ser suministrados en las dietas para que sean obtenidos directamente de los alimentos ingeridos. Para la cachama blanca Vásquez y Arias¹⁷, observaron 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.

¹⁴ CARIAS, D. Grado de concordancia entre la digestibilidad de proteínas animales y vegetales medidas in vivo e in-vitro y su efecto sobre el cómputo químico. [en línea] Brasil. 1995. [citado 15 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL:<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=192458&indexSearch=ID>>

¹⁵ SOLER-JARAMILLO, M. Op. Cit., p 35

¹⁶ HEPPEL, B y PRUGININ, Y. Cultivo de peces comerciales. México D.F. Editorial limusa, 1988. p 23-25.

¹⁷ VASQUEZ-TORRES, W y ARIAS, A. Op. Cit,

Steffens citado por Soler, manifiesta que:

En el intestino y la mucosa de carpas y cachamas se encuentra la lipasa, con un pH óptimo de 7-7.5 sin mostrar ninguna modificación con la ingestión y la digestión del alimento, la temperatura óptima para las lipasas está entre 35-40°C. Las lipasas son las principales enzimas que intervienen en la digestión de las grasas, la desdoblan en glicerina y ácidos grasos permitiendo así su absorción. La digestibilidad de la grasa esta estrechamente relacionada con cada especie, sin embargo, existen factores que la afectan, tales como: a mayor temperatura del agua mayor digestibilidad de la grasa presente en la dieta, peces de mayor talla/edad utilizan mejor la grasa de la dieta que los peces jóvenes¹⁸.

4.2.3 Digestibilidad de carbohidratos. Chow y Halver citados por López, manifiestan que “En el caso de los peces omnívoros como el bagre de canal (*Ictalurus 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”¹⁹. De acuerdo con Fadul citado por Delgado y López²⁰, los peces herbívoros y omnívoros, como la cachama, utilizan mejor los carbohidratos, comparados con los peces carnívoros. Por otra parte, Soler, manifiesta que “es importante considerar que no se conoce con exactitud un requerimiento de carbohidratos tanto en peces como en camarones, al contrario de lo que sucede con la proteína y los lípidos”²¹. El mismo autor sostiene que la presencia de enzimas proteolíticas y aminolíticas en el intestino de especies omnívoras depende de la temperatura, en general, los peces de aguas templadas y cálidas, muestran mayor actividad que los peces de aguas frías, debido a que las carbohidrasas presentan una mejor actividad en rangos de temperatura de 20-40°C, logrando una actividad máxima en rangos de pH de 6-8.

Halver citado por Soler comprobó que:

¹⁸ SOLER-JARAMILLO, M. Op. Cit., p 36

¹⁹ LOPEZ-MACIAS, J. Op., cit. p. 33

²⁰ DELGADO, M Y LOPEZ, Y. 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 oxido crómico y cámaras metabólicas. Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuícola. Nariño, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. 2005. p. 40

²¹ SOLER-JARAMILLO, M. Op. Cit., p 37

La actividad maltásica y amilásica se inicia entre los 7 y 10 primeros días siguientes a la eclosión. Aún cuando tanto en el esófago como en la faringe se registra algo de actividad de estas enzimas, la mejor digestión de los carbohidratos sucede en el intestino, lugar donde se producen en forma abundante lográndose la mayor producción en el tramo medio intestinal. Para juveniles de 6.5g se observa un mayor incremento en la actividad de maltasa y amilasa en el intestino que en peces mayores de 400g²².

El mismo autor afirma que “Los peces omnívoros o herbívoros de aguas cálidas toleran mayores niveles de carbohidratos, siendo utilizadas en forma mas eficiente como fuente de energía o almacenando el exceso en forma de lípidos corporales, de igual manera almidones cocidos o gelatinizados son mas digestibles y tienen un mejor efecto sobre el crecimiento en comparación con almidones crudos”²³.

4.2.4 Digestibilidad de fibra. Para la FAO²⁴, la mayoría de los peces omnívoros y piscívoros carecen de celulasa o la presentan en cantidades reducidas, registrando mejor actividad en los peces que incluyen en su alimentación, un gran porcentaje de invertebrados. Según Castillo citado por Delgado y López²⁵, la digestibilidad de la fibra es muy baja, menos del 10% y se recomienda normalmente en Tilapia, rangos de inclusión entre 4-6%, facilitando el paso de alimento a través del tracto digestivo.

4.3 ABSORCIÓN DE MICRONUTRIENTES

García y Sanz²⁶ sostienen que los peces son capaces de absorber algunos iones por medio de las branquias o de la piel de igual manera que pueden absorberlos del alimento. Esto hace aún más complicado tratar de definir el requerimiento exacto de los minerales para las especies acuícolas ya que es necesario conocer, no solo el aporte de estos en la dieta sino también la presencia de estos en el medio acuático.

²² Ibíd., p 38

²³ Ibíd., p 39

²⁴ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados Op. Cit,

²⁵ DELGADO, M Y LOPEZ, Y. Op. Cit, p. 41

²⁶ GARCIA, M y SANZ, R. Nutrición en Acuicultura I. Absorción intestinal en peces. CAICYT. 1987. p 123.

4.3.1 Absorción de Calcio. Los mencionados autores aseguran que Factores ambientales como la temperatura pueden influir en la captación del Calcio estimándose que a mayor temperatura mayor captación de este. El mismo autor afirma que se ha comprobado que en especies como cachama y carpa, el Calcio absorbido en mayor cantidad es de origen dietario siendo del orden de un 50-70% del Calcio asimilable.

4.3.2 Absorción de Fósforo. López asegura que “Los peces de agua dulce, debido a que ingieren muy poca agua, no son capaces de aprovechar los minerales presentes en ella”²⁷. Lo cual concuerda con lo manifestado por García y Sanz²⁸, quienes afirman que para el Fósforo, dada su escasez en el medio, al no incluir una cantidad suficiente de éste en la dieta, habrá déficits dietarios, produciendo alteraciones sustanciales y diversas en la fisiología del animal, de tal manera que la dieta se considera como la única fuente exógena para proveer al animal de este elemento. Los mismos autores aseguran que “Especies como cachama y carpa absorben más del 90% del Fósforo en la dieta, existiendo, a niveles constantes de Calcio, una relación lineal entre la concentración de Fósforo en la dieta y la cantidad de Fósforo absorbido, sin embargo existe una relación inversa entre la cantidad de Calcio presente en la dieta y la cantidad de Fósforo absorbida”.

Steffens citado por Soler, manifiesta que “peces como la carpa y las cachamas absorben más del 90% del Fósforo de la dieta; la absorción ocurre especialmente en el intestino medio. En estas especies la falta de Fósforo incrementa la grasa visceral y baja el contenido de agua corporal. Cuando en un alimento con harina de pescado se eleva el contenido de Fósforo en forma de fosfatos primarios fácilmente solubles, desde 1 hasta 7g/Kg el crecimiento y aprovechamiento del alimento mejora”²⁹.

4.4 PROPORCIÓN DE PROTEÍNA Y ENERGÍA EN DIETAS

Higuera y Cardenete, sostienen que

La relación proteína/energía ha sido objeto de estudio en diferentes especies y los resultados obtenidos no siempre han sido concluyentes, ni comparables tan siquiera con la misma especie. Las diferencias no solo se hallan en las diferentes lógicas de

²⁷ LOPEZ-MACIAS, J. op., cit. p 75-79.

²⁸ Ibíd., p 124

²⁹ SOLER-JARAMILLO, M. Op. Cit., p 46

los diseños experimentales empleados, temperatura, tasas de alimentación, etc., sino también a que algunas dietas no son completamente isonitrogenadas, varían en cuanto a balance de aminoácidos, valores de energía digestible y metabolizable, así como el evaluar máxima retención proteica o máxima retención energética ³⁰.

Cho y Kaushik citados por los mencionados autores, aseguran que “No es lógico expresar la relación en términos de energía/proteína puesto que implicaría que la ingesta en los peces se realiza en función de los requerimientos proteicos y no en función de los requerimientos energéticos como en realidad sucede”.

Higuera y Cardenete³¹ manifiestan que existen considerables diferencias entre relaciones recomendadas para diferentes especies, con valores que varían entre 15 A 35 g de proteína/MJ de energía, siendo normalmente más elevados en peces carnívoros que en peces omnívoros o herbívoros.

Según Vásquez:

Para que un pez alcance la velocidad de crecimiento, la tasa de acumulación de proteína tiene que ser máxima, esto solamente es posible cuando la dieta consumida tiene energía y proteína de alta digestibilidad, en niveles y proporciones adecuadas. Desequilibrios por encima o por debajo de los requerimientos, conducen a procesos catabólicos, es decir, a la utilización de aminoácidos como fuente de proteína o a una deficiente ingesta de proteína y de otros nutrientes debido a que los peces consumen alimento para la obtención de energía, ocasionando, en cualquiera de los casos, retraso en el crecimiento³².

4.5 ENERGÍA DIGESTIBLE

López afirma que “El contenido de energía bruta en el 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

³⁰ HIGUERA, M y CARDENETE, G. Fuentes alternativas de Proteína y Energía en acuicultura. Alimentación en Acuicultura. Comisión asesora de investigación científica y técnica. CAICYT. Madrid, España. Universidad Labarta editores. 1987. p 87.

³¹ Ibíd., p 88.

³² VASQUES-TORRES, W. Nutrición y alimentación de peces. Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de pesca y Acuicultura (INPA). Bogotá D.C. 2001.

la digestibilidad”³³. Por tanto la energía digestible es la diferencia entre la energía bruta del alimento consumido y la energía perdida a través de las heces.

4.5.1 Eficiencia energética de los peces. Por otra parte, Lovell citado por López sostiene que:

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 de energía. La energía metabolizable disponible en las materias primas proteicas, es mucho más alta para peces que para animales de sangre caliente, debido a que estos no regulan la temperatura corporal. Los carbohidratos simples son parcialmente digeridos por los peces a diferencia de los animales terrestres, de tal manera que las pérdidas energéticas durante la digestión son las que tienen mayor valor en comparación con las pérdidas de energía liberada de las branquias y las excreciones urinarias³⁴.

4.6 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA CACHAMA BLANCA

Tabla 1. Requerimientos nutricionales en fase de Alevinaje

PARÁMETRO	ALEVINOS	UNIDADES
Proteína	35-40	%
Lípidos	<18	%
Energía	3100-4500	Kcal/Kg de alimento
Fósforo	0.5-0.8	%
Calcio	1-1.5	%
P/E	15-35	g proteína/MJ energía

Fuente Soler³⁵, Fundamentos de nutrición acuícola INPA

4.7 MATERIAS PRIMAS

4.7.1 Materias primas de origen animal. Saez, menciona que “Casi todos los subproductos o residuos de matadero, de aves de corral, pueden ser considerados

³³ LOPEZ-MACIAS,J. Op cit, p. 51

³⁴ Ibíd., p. 37

³⁵ SOLER-JARAMILLO, M. Op. Cit., p 48

como ingredientes para dietas de peces, con excepción de la harina de sangre y la harina de plumas hidrolizada que no contienen un perfil de aminoácidos adecuado”³⁶.

4.7.1.1 Harina de pescado. De acuerdo con López³⁷, se obtiene a partir de la captura industrial de los peces migratorios o de peces enteros descartados para el consumo humano y de residuos del procesamiento del pescado tales como, esqueleto, cabezas, escamas, vísceras y desperdicios resultantes de la fabricación de aceites de pescado.

4.7.1.2 Hidrolizado. Según Camacho³⁸, los hidrolizados proteicos de pescado han incrementado significativamente la velocidad de crecimiento de alevines, además, como aditivos en alimentos, los hidrolizados proteicos han mostrado utilidad potencial como antioxidantes.

4.7.2 Materias primas de origen vegetal. Vásquez, sostiene que “Los productos y subproductos de origen vegetal han sustituido a las de origen animal, debido a motivos económicos, mayor disponibilidad de éstas para el suministro industrial de plantas de fabricación de alimentos concentrados para peces y otros animales monogástricos criados comercialmente”³⁹.

4.7.2.1 Torta de soya. De acuerdo con Gutiérrez y Vásquez, “La torta de soya es una de las fuentes proteicas más utilizadas en la fabricación de alimentos concentrados para peces, llegando a sustituir parcialmente la harina de pescado en la formulación de raciones para varias especies acuícolas”⁴⁰.

³⁶ SAEZ, P. Utilización digestiva de dietas con distintos niveles de inclusión de harina de lupino (*Lupino albus*) en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). [en línea] Trabajo de grado Licenciado en ciencias de la acuicultura. Chile. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Escuela de acuicultura. 2003. [citado 17 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://biblioteca.uct.cl/tesis/tesis-patricio-saez.pdf>>

³⁷ LOPEZ-MACIAS, J. Op. cit. p. 88

³⁸ CAMACHO, B, et al. Caracterización de un hidrolizado proteico enzimático obtenido del pez Caribe colorado (*Pygocentrus cariba*, *Humboldt 1821*). [en línea] Caracas, Venezuela. 2007. [citado 16 ene., 2012] Disponible en internet. <URL: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442007000300011&script=sci_arttext>

³⁹ VÁSQUEZ-TORRES, W. Principios de nutrición aplicada al cultivo de los peces. Recursos de nutrientes. Usos y restricciones en raciones para peces. Villavicencio, Colombia: Universidad de los Llanos, 2004. p.70

⁴⁰ GUTIERREZ-ESPINOSA, M y VÁSQUEZ-TORRES, W. Op. Cit, p. 145

4.7.2.2 Maíz. Para Vázquez “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%”⁴¹.

4.7.3 Vitaminas. López manifiesta que “Los requerimientos vitamínicos de los peces son similares a los de los animales terrestres, con la excepción de la vitamina C que no es sintetizada por los organismos hidrobiológicos de cultivo debido a que no poseen las enzimas específicas para dicho fin”⁴². En estudios realizados por Corredor y Landines, se llegó a la conclusión que “Concentraciones entre 100 y 400 ppm de vitamina C incluidas en la alimentación de alevinos de cachama, serían aconsejables para favorecer el crecimiento de la especie”⁴³.

4.8 UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE PESCADO COMO ALTERNATIVA DE ALIMENTACIÓN EN PECES

Según la FAO “Las pérdidas post-cosecha de pescado ascienden al 10% de la captura total de pescado, además, existen pérdidas por manejo, distribución, procesamiento y comercialización del mismo. En consecuencia, es necesario el aprovechamiento de esa proteína animal con utilización de tecnologías simples y de baja inversión para obtener productos como el ensilado de pescado, lo que a su vez, minimiza los efectos de la contaminación ambiental”⁴⁴. En el mismo artículo, se define al ensilado de pescado como un producto líquido pastoso, hecho a partir de pescado entero o residuos en medio ácido, como alternativa de

⁴¹ VASQUEZ-TORRES, W. Op. Cit, p. 76

⁴² LOPEZ-MACIAS, J. Op cit, p. 49 y 64

⁴³ CORREDOR-CASTILLO, A y LANDINES, M. Efecto de la inclusión de vitamina C en la dieta sobre algunos parámetros productivos y hematológicos de juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) sometidos a estrés agudo. [en línea]. Memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura. Antioquia, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. [citado 15 ene., 2012]. Disponible en internet.
<URL: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/501/468>>

⁴⁴ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO. Aspectos Económicos del Procesamiento y Uso de Ensilados de Pescado. Documento técnico de pesca. [en línea] Roma, Italia. [citado 16 ene., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap4.htm>>

procesamiento de los desperdicios de plantas pesqueras y que puede ser componente de raciones alimenticias para animales.

La FAO afirma que

Existen razones económicas y operativas que han incentivado la producción del ensilado de pescado en muchos países. Por lo que se han realizado varios trabajos con el fin de analizar las ventajas y desventajas económicas de ambas alternativas, así como también, el considerar desde el punto de vista nutricional, el efecto perjudicial que las elevadas temperaturas (120-150°C) empleadas durante el proceso de elaboración de la harina de pescado, ejercen sobre la calidad de la misma, ya que el calor produce una importante disminución del valor biológico de las proteínas⁴⁵.

Para Suárez:

Los subproductos de la pesca (vísceras, aletas, piel, huesos y carne) y los peces como tal son fuente valiosa de proteínas digeribles de calidad nutricional, la mayoría de estos son usados para fabricar piensos para peces y aceites de pescado debido a que el procedimiento usado ofrece un producto con buenas propiedades nutricionales, pero con pocas cualidades funcionales, restringiéndolo al uso animal y no para el consumo humano, es por eso que es necesario manejar las variables que puedan afectar el proceso de hidrólisis⁴⁶.

4.8.1 Hidrolizados proteicos. Vioque y Millán, afirman que:

La esencia de la hidrólisis proteica es la rotura del enlace peptídico y en consecuencia la generación de péptidos de menor tamaño o incluso de aminoácidos libres. La rotura de estos enlaces puede producirse por métodos químicos o biológicos. Los primeros incluyen la hidrólisis mediante el tratamiento con ácidos o bases y los métodos biológicos son aquellos que utilizan una proteasa para romper los enlaces peptídicos. La propiedad fundamental de un hidrolizado, que va a determinar en gran medida las restantes características del mismo, es su grado de hidrólisis, es decir, el porcentaje de enlaces peptídicos rotos en relación a la proteína original. El grado de hidrólisis final está determinado por la concentración

⁴⁵ Ibíd.,

⁴⁶ SUÁREZ-RAMÍREZ, D. Obtención de hidrolizado de proteína de pescado a partir de tilapia roja (*oreochromis sp.*) [en línea] Trabajo de grado. Especialista. Ciencia y tecnología de alimentos. Bogotá D.C., Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 2010. [citado 14 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL:<http://www.bdigital.unal.edu.co/2786/1/107411.2010.pdf>>

de sustrato, relación enzima/sustrato, tiempo de incubación y condiciones fisicoquímicas como son el pH y temperatura⁴⁷.

4.8.1.1 Tipos de obtención de hidrolizados proteicos. Para Pasupuleti y Demain “La elaboración de hidrolizados proteicos para aplicaciones en biotecnología es mediante la utilización de enzimas, sin embargo, hidrolizados elaborados mediante hidrólisis ácida y alcalina son también una alternativa comercial viable”⁴⁸. Entre las opciones se encuentran:

- Hidrólisis ácida de proteínas: según Vioque y Millán “Tradicionalmente, los hidrolizados usados como saborizantes se han obtenido mediante la hidrólisis ácida de proteínas vegetales con ácido durante 4 a 24 horas y a temperaturas entre 100° y 125° C. Así, el grado de hidrólisis va a depender del tiempo, temperatura y concentración de ácido usada, todo lo cual va a influir en los atributos sensoriales del producto”⁴⁹. Pasupuleti y Demain aseguran que “Los hidrolizados ácidos son ampliamente usados en la alimentación de animales y en la fabricación de comida para mascotas, como intensificador del sabor. La elaboración de hidrolizados ácidos requiere de elementos de vidrio y reactores de acero inoxidable, que puedan soportar altas presiones y temperaturas”⁵⁰.

Vioque y Millán sostienen que “Entre los ácidos empleados para la obtención de este tipo de hidrolizados se encuentran: ácidos de tipo orgánico y/o minerales. Se pueden emplear solos: ácido fórmico, sulfúrico, clorhídrico, propiónico; o combinados, como: mezclas de ácido acético, fórmico y fosfórico; fórmico y sulfúrico o propiónico y sulfúrico”⁵¹. Para Pasupuleti y Demain⁵² el

⁴⁷ VIOQUE, J y MILLÁN, F. Los hidrolizados proteicos en alimentación. Suplementos alimenticios de gran calidad funcional y nutricional. [en línea] Consejo superior de investigaciones científicas. Instituto de la grasa. Sevilla, España. [citado 16 ene., 2012] Disponible en Internet. http://digital.csic.es/bitstream./10261/5750/1/IG_AGROCSIC_2.pdf

⁴⁸ PASUPULETI, V.K y DEMAINE, A.L. Protein Hydrolysates in Biotechnology. [en línea] Science+Business Media B.V. USA. 2010. [citado 16 junio., 2012] Disponible en Internet. <URL: http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloaddocument/9781402066733-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1119941-p173755414>

⁴⁹ Ibíd.,

⁵⁰ Ibíd.,

⁵¹ V.K. PASUPULETI, V.K y DEMAINE, A.L. Op. Cit.,

⁵² PASUPULETI, V.K y DEMAINE, A.L. Op. Cit.,

ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico, son comúnmente usados para la hidrólisis ácida de proteínas, siendo el más usado el ácido clorhídrico. Los autores sostienen que “Los factores que rigen para la hidrólisis ácida son, la concentración y tipo de ácido a utilizar (ácido clorhídrico o ácido sulfúrico), temperatura (250–280°F), presión (32–45 PSI), tiempo de hidrólisis (2–8 horas) y concentración de proteína (50–65%). Todos estos, sean independientes o combinados, tendrán un impacto en la calidad del producto final”.

Según la FAO:

Para los ácidos minerales, la proporción requerida y su costo son menores, pero su manipulación más riesgosa siendo necesaria la neutralización del producto antes de la preparación de las raciones de alimento para animales. Cuando se comparan las distintas proporciones requeridas y los costos resultantes, se obtienen diferentes alternativas de acuerdo al país donde se realiza el análisis. Para realizar la selección del método a utilizar debe considerarse que tanto la utilización de ácido sulfúrico como su mezcla con ácidos orgánicos exigen la neutralización con hidróxido de Calcio. La mayoría de los países latinoamericanos consideran que los ácidos significan un alto costo de producción de ensilados, salvo en Cuba y Costa Rica, donde esta metodología se halla implementada comercialmente⁵³.

- Hidrólisis alcalina de proteínas: según Pasupuleti y Demain:

En la industria de alimentos, los hidrolizados alcalinos de proteínas son usados en escala comercial. La hidrólisis alcalina es un proceso simple y directo; primero se solubiliza la proteína por calefacción seguida por la adición de agentes alcalinos como son hidróxido de Calcio, sodio o potasio, manteniendo una temperatura entre 80-130°F. La hidrólisis continuará por varias horas hasta alcanzar el grado de hidrólisis deseado, luego, el producto es evaporado, pasteurizado y secado⁵⁴.

- Hidrólisis enzimática de proteínas: Pasupuleti y Demain afirman que:

Los avances en la tecnología de obtención de hidrolizados han venido estudiando la utilización de enzimas proteolíticas con procesos de fermentación. La principal ventaja del hidrolizado de proteínas por medio enzimático son las condiciones suaves de hidrólisis y la utilización de enzimas específicas que permiten controlar el grado de hidrólisis. Sin embargo, estos hidrolizados presentan poco sabor, en relación con los obtenidos con ácidos⁵⁵.

⁵³ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO. Ensilado de pescado en la pesquería artesanal. Op. Cit.,

⁵⁴ PASUPULETI, V.K y DEMAIN, A.L. Op. Cit.,

⁵⁵ Ibíd.,

4.8.2 Conservación y usos del hidrolizado de pescado. Según Parín y Zugarramurdi:

Los ensilados elaborados con subproductos de la industria pesquera son importantes ingredientes en la nutrición animal. Son usados para alimentar toda clase de especies animales tales como rumiantes, cerdos, pollos, animales de pieles, peces y mascotas. La razón por el gran interés en los productos pesqueros para la alimentación animal es por su alto y valioso contenido en proteína y grasa (aceite). La composición química del ensilado húmedo indica elevados tenores de agua (60-80%) y variables porcentajes de proteína bruta (12-19%) de elevado valor nutricional en ensilados biológicos. Se considera que en los biológicos la grasa es un poco más estable a la oxidación que en los ensilados químicos⁵⁶.

Los autores mencionados sostienen que:

El ensilado se usa del mismo modo que la harina de pescado en los alimentos para animales, de tal forma que si la harina de pescado contiene 65% de proteína en base seca, el ensilado contiene alrededor de 15% de proteína en base húmeda, es decir, que para cubrir la misma entrada de proteína se requiere usar cuatro veces más ensilado debido a su consistencia húmeda. La aplicación inmediata para el ensilado es para los sistemas de alimentación líquida. Del mismo modo, se ha probado el secado conjunto con harina de soja y plumas para producir productos secos con composición aproximada similar y balance de amino ácidos como harina de pescado⁵⁷.

Respecto al periodo de conservación, investigaciones realizadas por Parín y Zugarramurdi⁵⁸ señalan que, los hidrolizados de pescado de acidez adecuada, guardados a temperatura ambiente, se mantienen al menos por dos años sin putrefacción. La proteína se hace más soluble y la cantidad de ácidos grasos libres aumenta en cualquier aceite, pero estos cambios no son significativos desde el punto de vista nutricional.

Según Pérez “Es un proceso que se realiza bajo condiciones anaerobias, con la adición de ácidos. Ofrece la ventaja de preservar la materia prima y al agregar

⁵⁶ PARÍN, M y ZUGARRAMURDI, A. Aspectos económicos del procesamiento y uso de ensilados de pescado. [en línea] Centro de Investigaciones de Tecnología Pesquera y Alimentos Regionales (CITEP) Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Mar del Plata, Argentina. [citado 17 ene., 2012] disponible en Internet. <<http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap4.htm>>

⁵⁷ Ibíd.,

⁵⁸ Ibíd.,

cultivadores iniciadores o bien con el aprovechamiento de las enzimas endógenas que actúan sobre las proteínas, se obtiene una sustancia líquida denominada hidrolizado proteico”⁵⁹.

Diversos estudios realizados en la alimentación de distintas especies ícticas, empleando hidrolizados de subproductos pesqueros, indican que éste, es una excelente alternativa para aprovechar dichos residuos biológicos y proveer materias primas de alta calidad nutricional a un bajo costo comercial y de producción, debido a que el proceso de elaboración de hidrolizados, no requiere de una amplia infraestructura o de tecnología de avanzada.

4.9 MARCADORES INERTES

Olvera asegura que:

La digestibilidad se establece mediante métodos directos e indirectos. Los métodos directos son mas precisos pero difíciles de aplicar en peces, pues se presentan dificultades para la colecta de heces ya que 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, resultando heces con diferente grado de digestión y asimilación, afectando los resultados y usualmente llevando al sacrificio del animal. Por el contrario, el método indirecto es el más común, este implica el uso de marcadores inertes agregados a la dieta tales como: óxido de hierro, sílice y propileno y el más utilizado que es el óxido crómico, usados en niveles de 0.5 a 1.2% de inclusión homogénea en la dieta⁶⁰.

De acuerdo con Furakawa citado por Stone “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 (Cr_2O_3); generalmente estos indicadores no afectan la fisiología digestiva, no son tóxicos, se mueven a la misma velocidad del alimento y no se adhieren al epitelio intestinal”⁶¹.

⁵⁹ PÉREZ-ZAVALETA, A. Efecto de la sustitución de la harina de pescado, por harina de soya e hidrolizado de cabeza de camarón, en dietas balanceadas en juveniles de langosta de quelas rojas, (*Cherax quadricarinatus*). [en línea] Trabajo de grado. Magister. Biología. México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana. División de ciencias biológicas y de la salud. 2004. [citado 17 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://148.206.53.231/uami11042.pdf>>

⁶⁰ OLVERA, M. Digestibilidad en los peces. Ensayos de laboratorios. Madrid, España. Editorial Acribia, 1998. p 83-84.

⁶¹ STONE, F. An acid digestion method for the determination of chromic oxide (Cr_2O_3) used as an indicator substance in fish feed digestibility studies. Washington, USA. 1982. p 4.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 LOCALIZACIÓN

La investigación se realizó durante un periodo de siete meses comprendidos entre julio de 2011 y enero de 2012, en las instalaciones del Laboratorio de Digestibilidad del Departamento de Recursos Hidrobiológicos de la Universidad de Nariño, sede Torobajo, ubicada al noroeste de la ciudad de San Juan de Pasto, Departamento de Nariño, con las coordenadas de latitud 0.1°09'16" norte y longitud 77°08'25", altura 2510 msnm, temperatura promedio de 14°C, precipitación anual de 1180 mm y humedad relativa de 75%⁶².

5.2 MATERIAL BIOLÓGICO

A partir de un lote de 500 alevinos de cachama blanca (*P. brachipomus*), se seleccionaron al azar 320 ejemplares con un peso de $6 \pm 1,15$ g, procedentes de la estación piscícola Aquamazonía, localizada en el municipio de Villa Garzón (Departamento del Putumayo), se ubicaron 20 ejemplares por cada unidad experimental (acuarios de 27 litros de volumen).

5.2.1 Transporte. Los alevinos fueron transportados desde la estación piscícola Aquamazonía hasta el laboratorio de digestibilidad del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola, en bolsas plásticas a densidad de 100 animales por bolsa, temperatura promedio del agua de 28°C y con oxígeno suficiente para soportar un tiempo de transporte aproximado de 6 horas, presentándose una mortalidad del 5%.

5.3 INSTALACIONES Y EQUIPOS

5.3.1 Acuarios de digestibilidad. Se utilizaron 16 acuarios de digestibilidad, en acrílico de 5 mm de espesor con las siguientes dimensiones: 1 m de largo, 0.36 m de ancho, 0.4 m de profundidad y 0.15 m de borde libre. Los acuarios disponen de una placa inclinada que facilita la recolección de las heces (Figura 2).

⁶² DELGADO, M Y LOPEZ, Y. Op. Cit, p. 48

Figura 2. Distribución de los acuarios



5.3.2 Materiales y equipos.

5.3.2.1 Materias Primas

Vísceras de cachama blanca
Melaza
Torta de soya
Harina de maíz
Harina de pescado
Premezcla de minerales y vitaminas
Hidrolizado de vísceras de cachama

5.3.2.2 Reactivos

Ácido sulfúrico al 98%
Óxido crómico Cr_2O_3
Hipoclorito de sodio
Sal marina

5.3.2.3 Materiales

Acuarios metabólicos de 27 L
Uniones T plásticas
Piedra pómez difusora
Nasas plásticas de 0.08m^2
Jeringas de 50ml con émbolo de caucho
Pipeta de 5ml
Frascos de vidrio con tapa rosca de 2L
Plástico azul

Pitillos plásticos para globos
Platos plásticos
Tamiz de 100 micras
Gusanillos de bicicleta
Válvulas plásticas de acuario
Mangueras plásticas de 3mm de diámetro para sifoneo
Tanque Eternit de 1 ton para decoloración y maduración del agua
Manguera para conexión de aire
Cucharillas plásticas
Bandejas plásticas
Ictiómetro
Bolsas plásticas con cierre hermético para almacenamiento del alimento
Frascos plásticos con tapa para almacenamiento de heces
Nevera de Icopor
Probetas de 500ml
Beaker de 1000ml

5.3.2.4 Equipos

Estufa domestica Haceb
Balanza digital Ohaus 0.1g – 600g
Balanza de brazo 1-20Kg
Cámara digital Samsung 7.2mp
pH-metro
Termostatos automáticos Resum py23 de30 galones
Blower eléctrico de 1HP
Nevera Haceb
Autoclave
Licuadora Oster

5.4 PLAN DE MANEJO

5.4.1 Adecuación del laboratorio. Para la conducción del aire desde el sistema madre hasta los acuarios, se realizó la instalación de un tubo de 2 pulgadas con ocho perforaciones a cada lado para acoplar gusanillos de bicicleta a los cuales, previa eliminación del balín que contienen, se les acopló una manguera de acuario de 3 mm de diámetro, a la cual se le adaptó una válvula plástica para dosificar la intensidad de la salida de aire a los acuarios.

5.4.2 Desinfección de instalaciones. Previo a la recepción de los animales, se procedió a la desinfección y lavado de las instalaciones del Laboratorio de Digestibilidad, utilizando una solución de hipoclorito de sodio, con una

concentración de 20 ml/L. Los acuarios se desinfectaron con una solución a base de sal marina, en dosis de 25mg/L, por un periodo de 2 días, una vez limpios, se procedió a cubrir los acuarios con plástico azul, para evitar el estrés en los animales y se realizó el llenado de los acuarios, con agua previamente declorinada, mediante un proceso de reposo de 72 horas.

5.4.3 Aclimatación. La temperatura de los acuarios se mantuvo entre 27-29°C mediante el uso de termostatos automáticos. Al momento de recibir los animales se ubicaron las bolsas en cuatro acuarios, liberando poco a poco la presión contenida dentro de ellas ejercida por el oxígeno del embalaje, luego se equilibró lentamente la temperatura de las mismas con la del acuario por un periodo mínimo de una hora, los ejemplares se sembraron al azar a razón de 20 peces por acuario, dejando los animales restantes en un tanque de reserva. Se realizó un tratamiento profiláctico por tres días aplicando sal marina a razón de 5 g/L y formol a dosis de 0.2 ml/L, directamente en los acuarios, realizando recambios del 20% y aumentando la intensidad de aireación, esto con el fin de evitar proliferación de agentes infecciosos.

5.4.4 Parámetros fisicoquímicos de las unidades de estudio. Se realizó un monitoreo de temperatura y pH, dos veces al día, mañana y tarde, con el propósito de mantener las condiciones fisicoquímicas lo mas estable posible entre 27-29°C de temperatura y 6.5-7.5 de pH, consignando los datos en las tablas de registro.

5.4.5 Muestreo. Se realizaron muestreos de peso y talla, al inicio y al final del ensayo, analizando el 40% de la población de cada unidad experimental, consignando los datos obtenidos en las tablas correspondientes.

5.5 ELABORACIÓN DEL HIDROLIZADO

5.5.1 Recepción de las vísceras. Se adquirieron 10 Kg de vísceras, procedentes de estaciones piscícolas del municipio de Aipe (Departamento del Huila), las cuales fueron transportadas en bolsas plásticas cerradas, almacenadas en una nevera de icopor, con abundante hielo para evitar procesos de desnaturalización de los tejidos durante el transporte (Figura 3). El tiempo de transporte hasta el laboratorio de digestibilidad fue de 10 horas aproximadamente.

Figura 3. Recepción de vísceras



5.5.2. Limpieza y cocción de las vísceras. Se procedió en primer lugar a la limpieza de las vísceras mediante la extracción del tejido graso, contenido gastrointestinal y eliminación de vesícula biliar. Una vez limpias las vísceras se realizó el proceso de licuado hasta obtener una pasta homogénea, se llevó a cocción en estufa hasta alcanzar una temperatura de 80°C, se retiró inmediatamente del fuego dejando enfriar a temperatura ambiente (Figura 4).

Figura 4. Limpieza y cocción de las vísceras



5.5.3 Inclusión de ácido y melaza. Una vez enfriadas las vísceras, se procedió a medir el volumen obtenido en el proceso de licuado, el cual fue de 1250ml, luego

se le adicionó melaza y ácido hasta estabilizar el pH en 3.2, empleando una proporción de ácido de 1 a 2% y melaza de 4 a 5%.

5.5.4 Estabilización y almacenamiento del hidrolizado. Para la estabilización del pH se realizaron mediciones a las 24, 48 y 72 horas después de elaborado el hidrolizado, hasta obtener un pH de 3.0 ± 0.2 , con el fin de mantener las condiciones ideales para la ruptura de las cadenas peptídicas y control sobre el crecimiento bacteriano. El hidrolizado se almacenó en un recipiente de vidrio de 2L de capacidad, con tapa rosca, debidamente rotulado, desinfectado y autoclavado, se mantuvo a temperatura ambiente y en total oscuridad por un periodo de 60 días, alcanzando la acidez adecuada a los 20 días de almacenamiento. Se realizó un monitoreo constante durante dicho periodo, mezclando dos veces al día el contenido del recipiente y manteniendo limpia las paredes del mismo mediante el uso de un paño ligeramente humedecido con hipoclorito de sodio para así evitar la contaminación bacteriana.

5.5.5 Flujo grama del proceso de elaboración del hidrolizado. Los pasos a seguir en la preparación del hidrolizado son iguales sin importar la cantidad a elaborar, sin embargo las condiciones de almacenamiento, capacidad del contenedor e inclusión de melaza y ácido varían cuando la cantidad a elaborar es mayor a 5L, con el fin de facilitar el proceso y evitar la putrefacción del producto (Anexo B).

5.6 ALIMENTO Y ALIMENTACIÓN

5.6.1 Alimento. Las dietas se elaboraron con materias primas de origen animal y de origen vegetal, premezcla vitamínica y aceite de pescado para como fuente lipídica para el tratamiento testigo (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentaje de cada materia prima a incluir por cada 100g de alimento.

MATERIA PRIMA	T0	T1	T2	T3
Harina de Pescado	30,00	27,18	16,65	16,69
Torta de Soya	41,13	30,00	30,00	15,00
Harina de Hidrolizado de vísceras	0,00	10,00	20,00	30,00
Harina de trigo	10,00	14,50	13,35	19,31
Harina Maíz	15,10	15,00	16,00	15,00
Aceite de pescado	1,00	0,00	0,00	0,00
Premezcla Mineral	1,78	1,32	2,00	2,00
Premezcla Vitamínica	1,00	2,00	2,00	2,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

5.6.2 Alimentación. Los ejemplares se alimentaron a saciedad dos veces al día, 9am y 3pm y las heces se recolectaron dos horas después del consumo.

5.6.3 Balanceo de las dietas. El balanceo de las dietas se realizó mediante la utilización de la herramienta Solver de Excel 2007, al mínimo costo, relacionando los aportes nutritivos de cada materia prima, la cantidad de materia seca disponible de todas las materias primas incluyendo el hidrolizado y el precio por kilogramo de cada una, obteniendo así la cantidad a adicionar de materias primas por tratamiento y de hidrolizado por tratamiento (Tabla 3, Anexo C), el óxido crómico debido a que no aporta nutrientes, no se tubo en cuenta al momento de realizar el balanceo de las dietas.

Tabla 3. Cantidad total de materias primas a emplear en cada uno de los tratamientos, en diferentes porcentajes de inclusión de hidrolizado de vísceras de cachama blanca (H.H.V.C.B)

MATERIA PRIMA	T0 (0%)	T1 (10%)	T2 (20%)	T3 (30%)
HARINA PESCADO (g)	135	82	50	50
TORTA DE SOYA (g)	185	90	90	45
HARINA DE TRIGO (g)	45	44	40	58
HARINA DE MAIZ (g)	68	45	48	45
HIDROLIZADO (g)	0	30	60	90
ACEITE DE PESCADO (g)	5	0	0	0
PREMEZCLA VITAMINICA (g)	5	6	6	6
PREMEZCLA MINERALES (g)	8	4	6	6
TOTAL ALIMENTO (g)	450	300	300	300

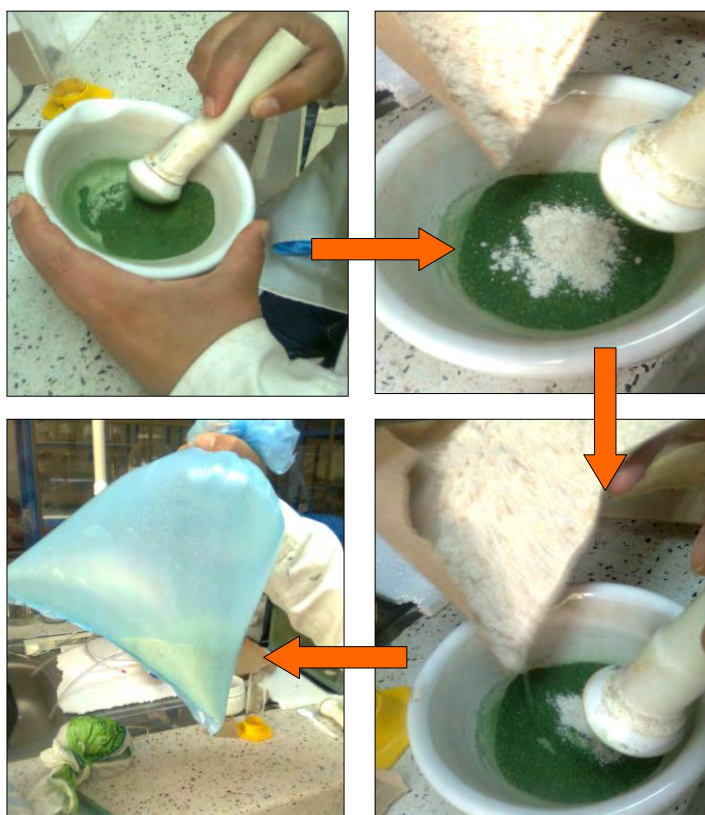
5.6.4 Preparación de las dietas.

5.6.4.1 Molienda. Una vez conocida la cantidad de materias primas a utilizar, se procedió a pesarlas y a tamizarlas a un tamaño de partícula de 100 micras, con el propósito de facilitar la mezcla y peletización del alimento.

5.6.4.2 Incorporación de óxido crómico al alimento. El óxido crómico se incorporó en el alimento mediante el sistema de micro mezclas a razón de 0,5% del total del alimento a preparar por cada tratamiento, el cálculo de la cantidad a pesar se realizó previo a la mezcla de las materias primas.

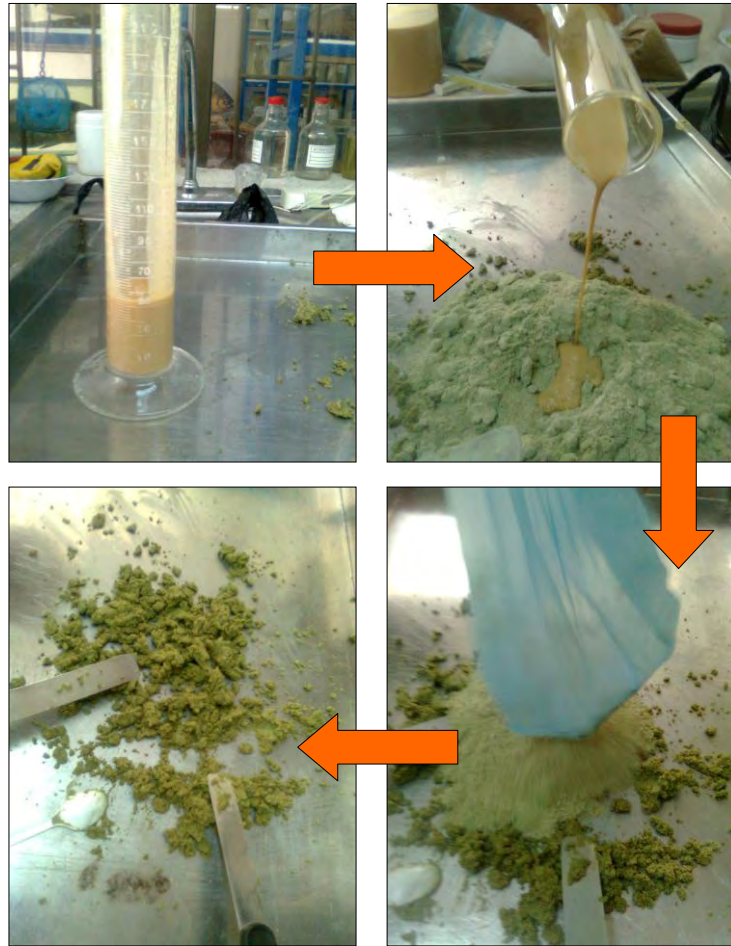
5.6.4.3 Mezclado. Se realizó mediante un sistema de micro mezclas empezando con la incorporación del óxido crómico y la premezcla mineral y vitamínica, con ayuda de un mortero para facilitar su homogenización. Luego se traslado la mezcla a una bolsa plástica para facilitar el mezclado y evitar que se desperdiciaran pequeñas dosis de las materias primas. Posteriormente se adicionaron la harina de maíz, la harina de trigo, la torta de soya y por ultimo la harina de pescado (Figura 5).

Figura 5. Mezclado de materias primas



5.6.4.4 Incorporación del hidrolizado. La inclusión del hidrolizado se realizó mediante micro mezclas, teniendo en cuenta las cantidades obtenidas en el programa de balanceo para cada tratamiento (Figura 6).

Figura 6. Inclusión del hidrolizado al alimento



5.6.4.5 Peletización. Este proceso se realizó por compresión mediante el uso de jeringas de 50ml con émbolo de caucho, las cuales garantizaron el diámetro requerido de los pelets el cual fue de 3mm aproximadamente. Los pelets se elaboraron en bandejas de acero inoxidable, y posteriormente se secaron en horno a temperatura constante de 60°C, por un tiempo mínimo de 48 horas (Figura 7). Una vez seco el alimento, se procedió a almacenarlo en bolsas plásticas con cierre hermético y a pesar la cantidad de alimento obtenido.

Figura 7. Elaboración de los pelets



5.7 RECOLECCIÓN DE HECES

Las heces se recolectaron dos veces al día después de dos horas de suministrar el alimento, evitando la lixiviación de la materia fecal, reduciendo la aireación de cada acuario en 90% después de la alimentación y durante la recolección. Para este proceso se utilizó un pitillo plástico conectado a una manguera de 3mm de diámetro y se recogieron en un recipiente plástico, para lavarlas y eliminar restos de alimento (Figura 8 y 9), luego se procedió a almacenarlas en tarros plásticos previamente rotulados, a una temperatura promedio de 5°C (Figura 10). Las heces se recolectaron por acuario para facilitar la eliminación de agentes contaminantes y fueron almacenadas por tratamiento. La recolección se llevó a cabo por un periodo de 18 días obteniendo más de 50g de heces frescas por tratamiento.

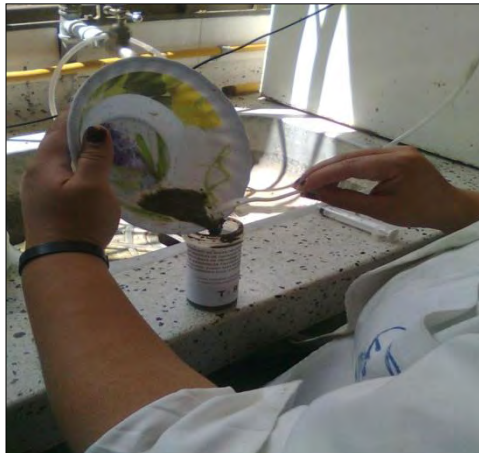
Figura 8. Recolección de heces



Figura 9. Limpieza de heces



Figura 10. Almacenamiento de heces



5.8 ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Se efectuó el análisis bromatológico: al hidrolizado, materias primas, alimento y heces recolectadas, de acuerdo con el protocolo de Weende, adaptado por el Laboratorio de Bromatología de Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, determinándose humedad, extracto etéreo, ceniza, extracto no nitrogenado, fibra bruta, proteína bruta, energía, minerales y cromo mediante el método de Furakawa (Anexos D-H).

5.9 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

5.9.1 Tratamientos. Se evaluaron cuatro dietas alimenticias balanceadas con un porcentaje de inclusión de proteína mínimo de 40% y un nivel de Energía bruta mínima de 4000 Kcal/Kg de alimento. Los ejemplares se distribuyeron en un sistema completamente al azar, conformado por cuatro tratamientos y cuatro réplicas por tratamiento y 20 ejemplares por unidad experimental, distribuidos de la siguiente forma:

- T0: Alimento balanceado con 0% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama
- T1: Alimento balanceado con 10% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama
- T2: Alimento balanceado con 20% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama
- T3: Alimento balanceado con 30% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama

5.9.2 Diseño experimental. Las variables incremento de peso, incremento de talla, conversión alimenticia, sobrevivencia, coeficiente de digestibilidad, energía digestible y coeficiente de utilización energética, se sometieron a un diseño irrestrictamente al azar (DIA) aplicando el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij} \quad (1)$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta de la j – ésima unidad experimental que recibe el i – ésimo tratamiento.

μ = media

t_i = efecto del i – ésimo tratamiento

i = tratamiento 0, 1, 2 y 3

j = réplica 1, 2, 3 y 4

e_{ij} = error experimental asociado a la j – ésima unidad experimental sometida al i – ésimo tratamiento

5.9.3 Análisis estadístico. Con el programa estadístico statgraphics plus 5.1 se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) y en aquellas variables que registraron diferencias estadísticas se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey con el propósito de establecer el mejor tratamiento. Igualmente se efectuaron pruebas estadísticas descriptivas para determinar los coeficientes de digestibilidad de proteína, extracto etéreo, extracto no nitrogenado, coeficiente de utilización energética y energía digestible.

5.9.4 Formulación de hipótesis. Se plantearon las siguientes hipótesis, evaluando las variables: coeficientes de digestibilidad, incremento de peso, incremento de talla, conversión alimenticia, energía digestible, coeficiente de utilización energética y la sobrevivencia por tratamiento.

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

$$H_0: \mu_{t_0} = \mu_{t_1} = \mu_{t_2} = \mu_{t_3} \quad (2)$$

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

$$H_1: \mu_j \neq \mu_{j'}, j \neq j' \quad (3)$$

5.9.5 Variables evaluadas

- **Coeficiente de digestibilidad.** fracción del nutriente del alimento que es absorbido por el epitelio intestinal.

$$CD = 100 - \left\{ \frac{\%Cr_2O_3AL}{\%Cr_2O_3H} \times \frac{\%NH}{\%NAL} \times 100 \right\} \quad (4)$$

Donde:

%Cr₂O₃ AL: cantidad de Cr₂O₃ en el alimento

%Cr₂O₃ H: cantidad de Cr₂O₃ en las heces

%NH: cantidad de nutriente en las heces

%NAL: cantidad de nutriente en el alimento

- **Energía digestible.** Diferencia entre la energía bruta del alimento consumido y la energía perdida a través de las heces.

$$ED = EBA - EBH \quad (5)$$

Donde:

EBA: energía bruta alimento

EBH: energía bruta heces

- **Coeficiente de utilización energética.**

$$CUE = 100 - \left\{ \frac{\%Cr_2O_3AL}{\%Cr_2O_3H} \times \frac{\%EBH}{\%EBA} \times 100 \right\} \quad (6)$$

Donde:

%Cr₂O₃ AL: cantidad de Cr₂O₃ en el alimento

%Cr₂O₃ H: cantidad de Cr₂O₃ en las heces

%EBH: cantidad de Energía bruta en las heces

%EBAL: cantidad de Energía bruta en el alimento

- **Incremento de peso (IP).** Es la ganancia de peso durante un periodo determinado, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IP = Pf - Pi \quad (7)$$

Donde

Pf= peso final

Pi= peso inicial

- **Incremento de talla (IT).** Es el incremento de talla o longitud durante un periodo determinado, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IT = Tf - Ti \quad (8)$$

Donde

Tf= Talla final

Ti= Talla inicial

- **Conversión alimenticia.** Relación entre la cantidad de alimento suministrado y el incremento de peso obtenido.

$$CA = \frac{IP}{AC} \times 100 \quad (9)$$

Donde:

AC: alimento consumido

IP: incremento de peso

- **Sobrevivencia.** Número total de animales vivos después del período experimental.

$$S = \frac{Nf}{Ni} \times 100 \quad (10)$$

Donde:

Nf= animales final

Ni= animales inicio

- **Análisis de relación beneficio - costo.** Resulta de dividir los beneficios (flujos de efectivo) con los costos variables, a precios actuales.

$$B/C = \frac{UB}{TE} \quad (11)$$

Donde

B/C: Relación beneficio costo

UB: Utilidad bruta

TE: Total egresos

6. PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD

López⁶³, comprobó que coeficientes de digestibilidad para proteína y coeficientes de utilización de energía (CUE), iguales o superiores al 75% y de 80% para extracto etéreo son adecuados en dietas para alimentación de peces. Los coeficientes de digestibilidad obtenidos en esta investigación para proteína y CUE fueron superiores al 90% y los obtenidos para extracto etéreo fueron superiores al 85%, lo que demuestra el nivel de asimilación de las dietas experimentales. En cuanto al extracto no nitrogenado (E.N.N) se obtuvo valores superiores al 85%, lo que demuestra la alta digestibilidad de este nutriente, debido a que peces evolutivamente frugívoros como la cachama blanca, metabolizan mejor los carbohidratos presentes en la dieta en comparación con otras especies ícticas (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes promedios de digestibilidad (%) de proteína, extracto etéreo, extracto no nitrogenado y coeficiente de utilización energética de las dietas evaluadas (0-10-20-30%).

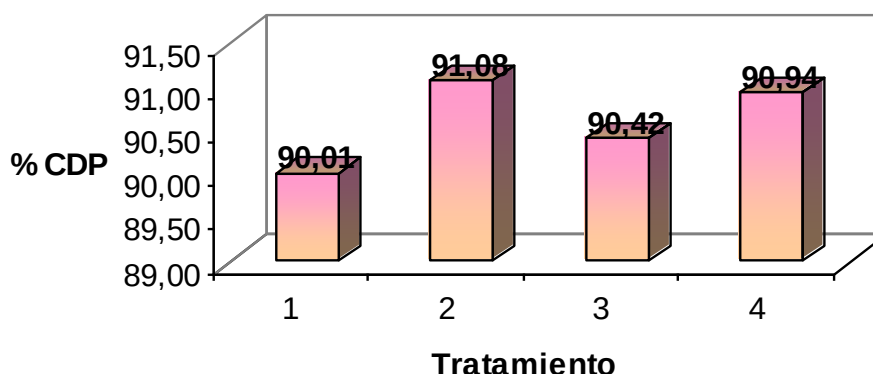
COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDAD	T0 %	T1 %	T2 %	T3 %
Proteína	90,01	91,08	90,42	90,94
Extracto etéreo	95,41	95,30	88,72	91,06
Extracto no nitrogenado	88,86	85,51	86,49	86,10
Coeficiente de utilización energética (CUE)	86,01	84,59	84,87	86,02

6.1.1 Coeficiente de digestibilidad de proteína. Los coeficientes de digestibilidad de proteína obtenidos en la presente investigación para Cachama blanca (*P. brachypomus*) fueron de 91,08% (T1), 90,94% (T3), 90,42% (T2) y 90,01% (T0) (Tabla 4, Figura 11). Estos valores son mayores a los reportados por

⁶³ LOPEZ-MACIAS, J. Nutrición y alimentación de Especies de aguas frías, medias y cálidas de importancia acuícola. Conferencias mimeografiadas. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. Pasto, Colombia. 1997. p. 32

Vidoiti⁶⁴ *et al*, que obtuvieron un coeficiente de digestibilidad para proteína de 81%, trabajando con Pacú (*Piaractus mesopotamicus*). Los mejores coeficientes de digestibilidad de proteína se registraron en el T1, con 10% de inclusión de harina de hidrolizado de vísceras de cachama blanca (H.H.V.C.B), lo cual según López⁶⁵, se debe a que valores cercanos a este porcentaje de inclusión, mejora la utilización del hidrolizado. El mismo autor sostiene que los coeficientes de digestibilidad de proteína obtenidos en T1, T2 y T3, demuestran la capacidad de la cachama para asimilar muy bien dietas con inclusión de hidrolizado de vísceras, lo cual se explica porque este producto aporta polipéptidos de diferentes cadenas que pueden ser fácilmente fraccionadas a aminoácidos simples al igual que aminoácidos listos para la absorción.

Figura 11. Coeficiente de digestibilidad de proteína



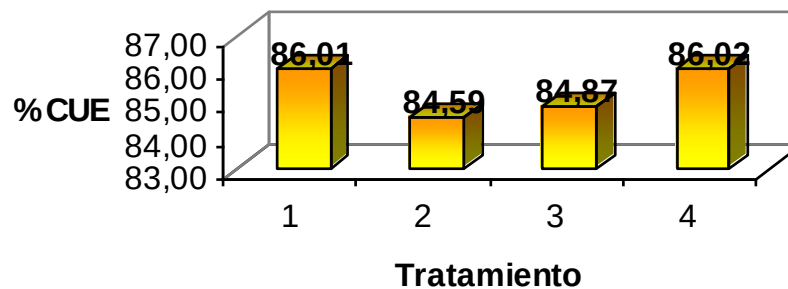
De acuerdo con el análisis de varianza realizado para el coeficiente de digestibilidad de proteína, se determinó una significancia estadística ($p < 0.005$) entre los tratamientos por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey con nivel de confianza del 95%, lo cual demostró que todos los tratamientos presentan diferencias significativas entre ellos, siendo mejor el T1 (10% H.H.V.C.B), por presentar la mejor media (Anexo P).

⁶⁴ VIDIOTI, R. *et al*. Acid and Fermented Silage Characterization and Determination of Apparent Digestibility Coefficient of Crude Protein for Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). [en línea] Brasil. [citado 16 feb., 2010] Disponible en Internet. <URL:<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00478.x/abstract>>

⁶⁵ LÓPEZ-MACIAS, J. Nutrición y alimentación de Especies de aguas frías, medias y cálidas de importancia acuícola. Conferencias mimeografiadas. Op. cit. p. 37

6.1.2 Coeficiente de utilización energética y energía digestible. Los coeficientes de utilización energética obtenidos en esta investigación fueron de 86.02% (T3), 86.01% (T0), 84.87% (T2) y 84.59% (T1) (Tabla 4, Figura 12). Los resultados obtenidos son semejantes a los obtenidos por Llanes⁶⁶ et al, que evaluaron los coeficientes de digestibilidad de ensilados biológicos y ácidos en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis sp*), registrando coeficientes de utilización energética de 85,1 a 86,28% respectivamente; por otro lado, los coeficientes obtenidos en esta investigación para energía, son superiores a los obtenidos por Boscolo⁶⁷ et al, que registró valores no mayores a 48,52%.

Figura 12. Coeficiente de utilización energética por tratamiento



De acuerdo con Cho⁶⁸, la diferencia presentada entre los datos obtenidos por otros autores y los obtenidos en esta investigación, se debe que las especies omnívoras como la cachama son más eficientes en la utilización energética con relación a los peces carnívoros y filtradores. Los resultados obtenidos en el análisis de varianza demuestran que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre

⁶⁶ LLANES, J. et al. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). [en línea] Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana, Cuba. [citado 16 feb., 2012] disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v28n4/art06.pdf>>

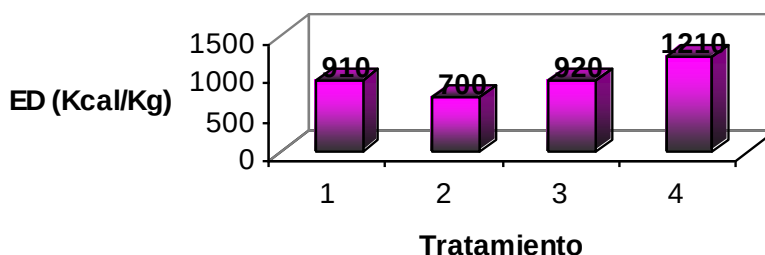
⁶⁷ BOSCOLO, W et al. Digestibilidade Aparente da Energia e Proteína das Farinhas de Resíduo da Filetagem da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da Corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e Farinha Integral do Camarão Canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). [en línea] Brasil. [citado 16 feb., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v33n1/a02v33n1.pdf>>

⁶⁸ CHO, Y. Op., cit

todos los tratamientos, por lo que se realizó una prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de confianza de 95% determinando que el mejor tratamiento con respecto al CUE fue el T3 (30% H.H.V.C.B) (Anexo Q).

En cuanto a la energía digestible los valores obtenidos fueron de 1210 Kcal/Kg (T3), 920 Kcal/Kg (T2), 910 Kcal/Kg (T1), 700 Kcal/Kg (T0) (Tabla 4, Figura 13), los cuales reflejan la misma tendencia de CUE, esto de acuerdo con López⁶⁹, demuestra que la dieta T3 con el mayor contenido de harina de hidrolizado de vísceras mejora de manera sustancial el aporte energético y la absorción de energía para su posterior transformación y utilización.

Figura 13. Energía digestible por tratamiento



El análisis de varianza para energía digestible presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos, la prueba de comparación múltiple de tukey demostró que el mejor tratamiento fue el T3, con una confiabilidad del 95% (Anexo R).

Según López, los valores de CUE y energía digestible obtenidos en el T3, se explican porque el hidrolizado de vísceras genera polipéptidos de diferente longitud de cadena, aminopéptidos y aminoácidos, lo que implica que desde el punto de vista energético se optimizan los procesos de asimilación debido a que se gasta menos energía en fraccionamiento de la proteína y en producción de enzimas.

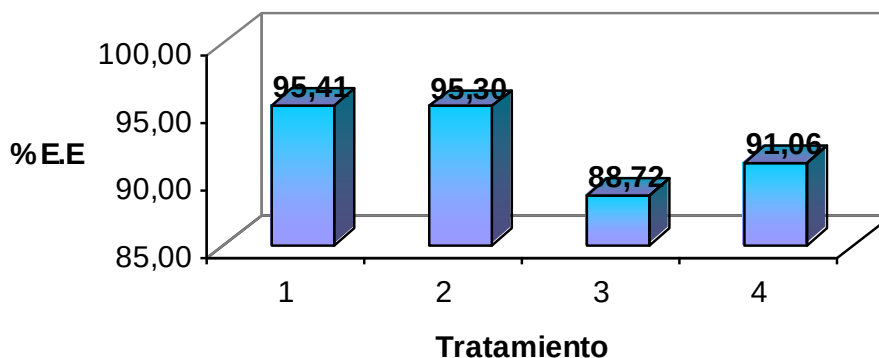
6.1.3 Coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo. Los coeficientes de digestibilidad fueron de 95.41% (T0), 95.30% (T1), 91.06% (T3) y 88.72% (T2) (Tabla 4, Figura 14). Estos valores son semejantes a los obtenidos por Vargas⁷⁰, quien reportó niveles promedio para extracto etéreo de 92% utilizando como fuente lipídica el aceite de palma, sin embargo, los resultados de esta

⁶⁹ LÓPEZ-MACIAS, J. Op. cit.

⁷⁰ VARGAS-OLARTE, J. Op. Cit

investigación son superiores a los detectados por Llanes⁷¹ *et al* y por Pezzato⁷² *et al*, quienes reportan valores de 85 y 80.12% respectivamente, sin incluir materias grasas diferentes al hidrolizado.

Figura 14. Coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo por tratamiento



El análisis de varianza para extracto etéreo, detectó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para todos los tratamientos. En la prueba de comparación múltiple de Tukey, con una confianza de 95%, se estableció como el mejor tratamiento al T0 por poseer la media más alta (Anexo S). Esto se explica porque al T0 (0% de H.H.V.C.B), se le incorporó como fuente lipídica aceite de pescado, lo cual de acuerdo con Cho y Kaushik citados por Higuera y Cardenete⁷³, al incorporar a la dieta otras fuentes de energía como grasas o carbohidratos, estos permiten disminuir la oxidación de la proteína con fines de obtención de energía.

6.1.4 Coeficiente de digestibilidad de extracto no nitrogenado. En el presente estudio se reportan coeficientes de digestibilidad para E.N.N de 88.86% (T0), 86,49% (T2), 86,10% (T3) y 85,51% (T1) (Tabla 4, Figura 15). Estos valores son superiores a los obtenidos por Vargas⁷⁴ y por Delgado y López⁷⁵, quienes

⁷¹ LLANES, J. *et al.* Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). Op., cit

⁷² PEZZATO, L, *et al.* Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). [en línea] Universidade Federal de Santa Catarina. Florianopolis, Brasil. [citado 16 feb., 2012] disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v31n4/13720.pdf>>

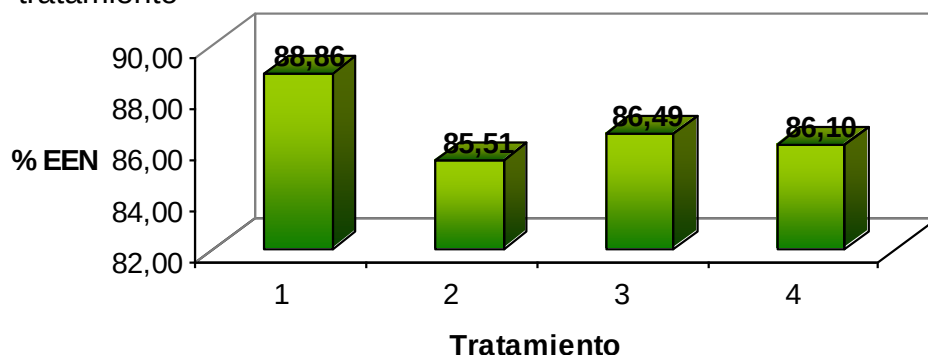
⁷³ HIGUERA, M y CARDENETE, G. Op., cit. p 94.

⁷⁴ VARGAS-OLARTE, J. Op. Cit

⁷⁵ DELGADO, M y LÓPEZ, O. Op., cit

trabajando especies con tendencia carnívora, reportaron valores por debajo de 78 y 55% respectivamente, esto según López⁷⁶, es debido a los hábitos omnívoros de la cachama, que le permite una mejor utilización de los carbohidratos.

Figura 15. Coeficiente de digestibilidad de extracto no nitrogenado por tratamiento



El análisis de varianza reportó diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en todos los tratamientos, la prueba de comparación múltiple de Tukey demostró que en cuanto al coeficiente de digestibilidad de E.N.N el mejor tratamiento fue el T0 (Anexo T). Lo anterior según López⁷⁷ comprueba que el T0 al contar con mayor presencia de fuentes de energía como carbohidratos y grasas disminuyo de manera notable la oxidación de la proteína para obtención de energía. El cálculo de la relación proteína/energía reportó valores de 140,89 mg/KJ (T1), 112,24 mg/KJ (T0), 105,07 mg/KJ (T2) y 83,58 mg/KJ (T3), de acuerdo con López⁷⁸, el T1 (10% H.H.V.C.B) aportó una proteína de mejor calidad permitiendo al animal satisfacer sus necesidades energéticas.

6.2 CONSUMO DE ALIMENTO

El análisis de varianza realizado establece diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos ($p < 0.05$), sin embargo, con la prueba de comparación múltiple de Tukey con un nivel de confianza de 95%, se demuestra similitud entre los grupos T0 y T2 con respecto al T1 y T3 (Tabla 5, Anexo U).

⁷⁶ LÓPEZ-MACIAS, J. Op. cit

⁷⁷ Ibíd.,

⁷⁸ Ibíd.,

Tabla 5. Consumo de alimento (g) promedio de alevinos de Cachama Blanca (*P.brachypomus*) con cuatro niveles inclusión de harina de hidrolizado de vísceras de cachama blanca (H.H.V.C.B).

RÉPLICA	T0 (0% H.H.V.C.B) (g)	T1 (10% H.H.V.C.B) (g)	T2 (20% H.H.V.C.B) (g)	T3 (30% H.H.V.C.B) (g)
1	51,04	56,16	48,98	58,36
2	45,54	57,15	50,63	59,42
3	41,38	55,79	46,07	59,34
4	43,76	57,18	46,86	59,88
TOTAL	181,72	226,28	192,54	237,00

El alimento no presentó alteraciones fisicoquímicas ni organolépticas durante el almacenamiento y registró una estabilidad promedio en el agua de 2 minutos. En todos los tratamientos presentaron un buen consumo de alimento, corroborando lo demostrado por Jaramillo⁷⁹ quien manifiesta que la cantidad de alimento diario consumido, depende directamente de la calidad y disponibilidad del mismo.

6.3 ANÁLISIS DE NUTRIENTES

6.3.1 Dietas experimentales. El análisis bromatológico realizado a cada una de las dietas, estableció que fueron isonitrogenadas e isoenergéticas (Tabla 6, Anexos I-L). Los valores obtenidos en el análisis para cada nutriente, sostiene López⁸⁰ se debe a que, productos de pescado como la harina y los hidrolizados, son superiores en su utilización a otros tipos de proteínas y materias primas proteicas, además, dietas balanceadas con inclusión de harina de hidrolizado elaborados con subproductos de la misma especie, como es el caso de esta investigación, contienen un excelente perfil de aminoácidos, un aporte suficiente de lisina, metionina, triptófano y arginina, adecuadas cantidades de macrominerales, elementos traza, vitaminas, excelente coeficiente de digestibilidad de nutrientes y los denominados factores inespecíficos de crecimiento. Por lo tanto las dietas evaluadas cumplen con los requerimientos nutricionales de la especie y garantizan un óptimo perfil de aminoácidos que se ve reflejado en los altos porcentajes de digestibilidad de proteína, incrementos de peso y conversiones alimenticias obtenidas en todos los tratamientos.

⁷⁹ JARAMILLO, Darío. Alimentación de peces. Centro de investigación piscícola. Universidad de Caldas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Caldas, Manizales. 1986. p. 99

⁸⁰ LÓPEZ-MACIAS, J. Op. cit

Tabla 6. Análisis proximal de dietas experimentales*.

DIETA	Proteína %	Extracto Etéreo %	Fibra %	E.N.N %	Cenizas %	Energía Bruta Kcal/100g	Óxido Crómico %
T0	43,0	6,11	3,65	34,0	13,2	450	0,47
T1	41,3	5,11	1,39	40,6	11,6	441	0,59
T2	40,7	5,96	1,47	42,2	9,73	458	0,57
T3	42,3	7,39	0,99	40,3	9,06	487	0,56

* Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico para el Control de Calidad de Alimentos para Animales, Universidad de Nariño.

6.3.2 Heces. Se registró una concentración de cromo mayor en las heces con respecto a la encontrada en las dietas (Tabla 7, Anexos M-O) lo cual asegura López⁸¹, se debe al proceso de asimilación de nutrientes contenidos en el alimento durante el tiempo que éste permanece en el tracto digestivo.

Tabla 7. Análisis proximal de las heces por tratamiento*

TRATAMIENTO	Proteína %	Extracto Etéreo %	Fibra %	E.N.N %	Cenizas %	Energía Bruta Kcal/100g	Oxido crómico %
T0	24,5	1,6	25,4	21,6	26,8	359	2,68
T1	20,1	1,31	20,5	32,1	25,9	371	3,22
T2	20,6	3,55	19,7	30,1	26	366	3,01
T3	20,6	3,55	19,7	30,1	26	366	3,01

* Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico para el Control de Calidad de Alimentos para Animales, Universidad de Nariño.

6.3.3 Biodisponibilidad de minerales. Los valores obtenidos para la relación Calcio/Fósforo fueron de 1,48% (T3), 1,41% (T2), 1,03% (T0) y 0,53% (T1), los cuales según López⁸², se encuentran dentro de los requerimientos de especies ícticas de aguas cálidas, establecidos en un rango de 0,7-1,6% (Tabla 8, Figura 15).

⁸¹ LÓPEZ-MACIAS, J. Op. cit.

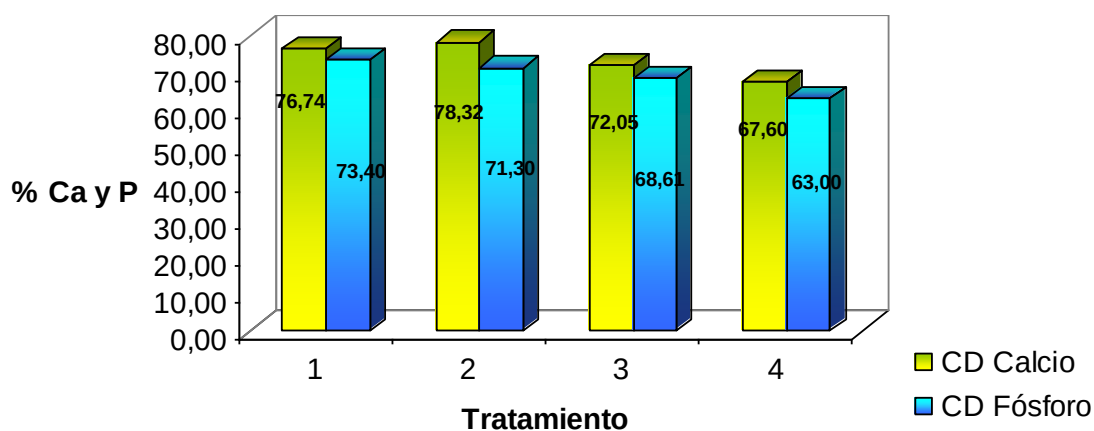
⁸² LOPEZ-MACIAS, J. Op., cit. p. 76-79

Tabla 8. Relación Calcio/Fósforo y coeficiente de digestibilidad para cada mineral por tratamiento

PARAMETRO	T0 %	T1 %	T2 %	T3 %
Calcio	0,97	0,43	1,00	1,32
Fósforo	0,94	0,81	0,71	0,89
Ca/P	1,03	0,53	1,41	1,48
Biodisponibilidad Ca	76,74	78,32	72,05	67,60
Biodisponibilidad P	73,40	71,30	68,61	63,00

El análisis de varianza registró diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) y la prueba de comparación múltiple de Tukey demuestra que el T1 presentó el mejor biodisponibilidad para Calcio y el T0 en Fósforo, con un nivel de confianza de 95% (Anexo V).

Figura 16. Biodisponibilidad de Calcio y Fósforo por tratamiento



Los valores de biodisponibilidad reportados para Calcio en esta investigación fueron de 78,3 % (T1), 76,7 % (T0), 72,0 % (T2) y 67,6 % (T3) y los reportados para Fósforo fueron de 73,4 % (T0), 71,3 % (T1) 68,6 % (T2) y 63,0 % (T3). Los cuales son superiores a los reportados por Llanes⁸³ et al, quienes determinaron valores de Fósforo de 56,1% y 65,1% así como valores en Calcio de 41,40% y 51,55% evaluando ensilado químico y biológico respectivamente. De acuerdo con

⁸³ LLANES, J. et al. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). [en línea] Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana, Cuba. [citado 16 feb., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v28n4/art06.pdf>>

García y Sanz⁸⁴ los resultados obtenidos en este estudio se explican debido a que la especie fue evaluada en la temperatura óptima efectiva, debido a que, a mayor temperatura mayor asimilación de Calcio. Con relación al Fósforo, Steffens citado por Soler⁸⁵, comprobó que la carpa y la cachama absorben más del 90% del Fósforo de la dieta, debido a que realizan la absorción de este nutriente en la sección media del intestino.

6.4 EVALUACION DE VARIABLES PRODUCTIVAS

6.4.1 Incremento de peso. La investigación se realizó con ejemplares de peso promedio inicial de $6,0 \pm 1,15$ g, los datos de peso inicial se sometieron a un análisis de varianza (Anexo W), el cual determinó que no se presentaron diferencias estadísticas entre las unidades experimentales. En cuanto al peso final se obtuvieron valores de 9,2 g (T1), 9,18 g (T3), 8,72 g (T0), y 7,89 g (T2) (Figura 16), a los cuales, mediante un análisis de valores atípicos se demostró que presentan una distribución normal.

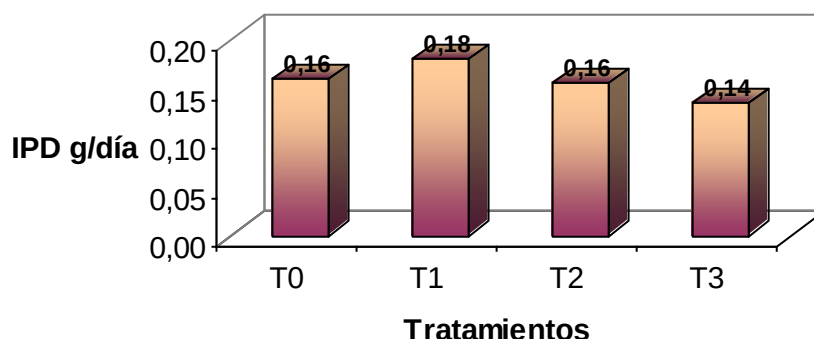
El mayor incremento de peso diario (IPD) se registró en la réplica 3 del T1 con un IPD de 0,21 g, este valor es semejante a los obtenidos por Llanes *et al*⁸⁶, quienes obtuvieron IPD entre 0,17 y 0,22 g/día, al evaluar alimento semi-húmedo con inclusión de ensilado bioquímico y biológico en la alimentación de Tilapia roja *Oreochromis sp* en un periodo de 60 días.

⁸⁴ GARCIA, M y SANZ, R Op., cit p.123

⁸⁵ SOLER-JARAMILLO, M. Op. Cit., p 46

⁸⁶ LLANES, J *et al*. Tecnología de producción de alimento semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). [en línea] Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana, Cuba. [citado 28 abr., 2012] Disponible en Internet. <URL:<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090726.pdf>>

Figura 17. Peso final por tratamiento

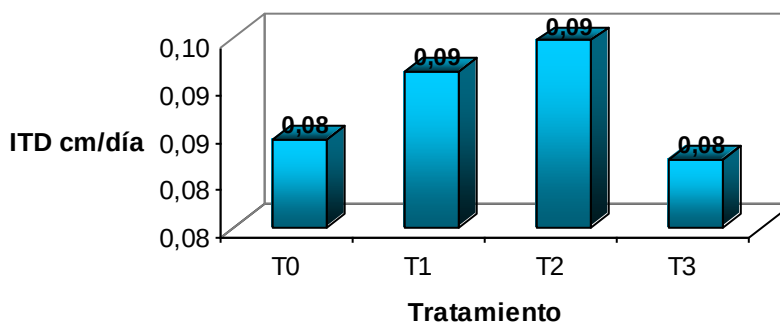


Los incrementos de peso obtenidos fueron de 3.04 g (T2), 3.02 g (T1), 2.9 g (T0) y 2.46 g (T3), según López⁸⁷, este incremento se presenta cuando los procesos anabólicos exceden a los procesos de renovación, restauración y mantenimiento de los tejidos, además, se encuentran relacionados de manera directa con el consumo de alimento de cada tratamiento.

Con respecto a la biomasa total, se determinó valores de 181.82 g (T1), 169.93 g (T3), 159.76 g (T2) y 156.37 g (T0). El análisis de varianza realizado a esta variable, determinó que no existen diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), entre las biomazas medias de un nivel de tratamiento a otro, para un nivel de confianza del 95,0% (Anexo X).

6.4.2 Incremento de talla. Se inició con una talla para todos los tratamientos de $6,0 \pm 0,51$ cm, obteniendo una talla final de 7,89 cm (T2), 7,87 cm (T3), 7,84 cm (T1) y 7,65 cm (T0). El incremento de talla total al final de la investigación fue de 1,71 cm (T2), 1,64 cm (T1), 1,5 cm (T0) y 1,48 cm (T3), (Figura 17).

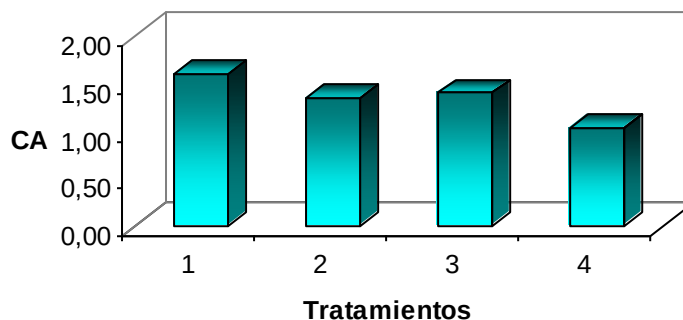
Figura 18. Incremento de talla diaria por tratamiento



⁸⁷ LÓPEZ-MACIAS, J. Op., cit. p. 55-56

6.4.3 Conversión alimenticia. Se obtuvo una conversión alimenticia promedio de 1.03 (T3), seguido del T1 con 1.34, T2 con 1.40 y T0 con 1.59 (Figura 18, Anexo Y). Estos valores concuerdan con los obtenidos por Marinez⁸⁸ et al, los cuales calcularon valores de conversión alimenticia de 1.24 a 1.36 analizando niveles de inclusión de ensilado ácido de 0-10-20-30% en la alimentación de alevinos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*).

Figura 19. Conversión alimenticia por tratamiento



6.5 SOBREVIVENCIA

Las mortalidades registradas (Figura 19), son las normales en peces de aguas cálidas levantados en acuarios, de tal manera que las mayores mortalidades se observaron en el día 1, debido al estrés por el cambio de estanques de tierra a acuarios lo que generaba conducta de escape. El segundo pico se presentó en el día 10, debido a una falla técnica de 6 horas en el condensador del blower que suministraba aire a las unidades experimentales, lo que causó mortalidad de 100% en las réplicas T1R2 y T2R1. En cuanto a la sobrevivencia basada en el desempeño de las dietas (Figura 20), se obtuvieron porcentajes de 98,33% (T1), 92,5% (T3), 90% (T2) y 88,75% (T0) los cuales según Hardy⁸⁹ reflejan un porcentaje normal para ensayos acuícolas.

⁸⁸ OLIVEIRA, M. et al. Digestibilidade e desempenho de alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. [en línea] Laboratório de Reprodução de Peixes da Universidade José do Rosário Vellano, UNIFENAS. Brasil. [citado 14 feb., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/cagro/v30n6/a24v30n6.pdf>>

⁸⁹ HARDY, R. Fish feed formulation. Fish feed technology. United Nations Development Programme. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). Roma. 1980.

Figura 20. Mortalidad presentada en periodo de estudio

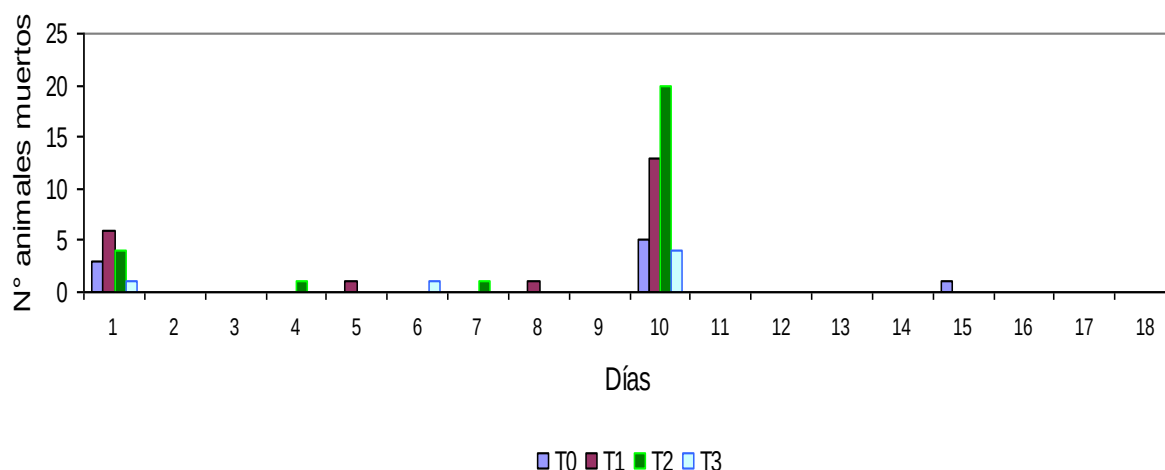
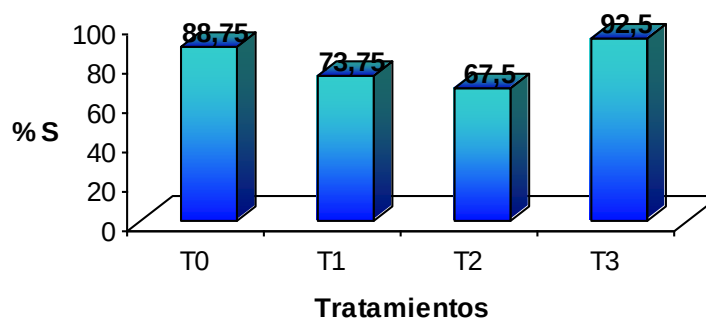


Figura 21. Supervivencia por tratamientos



El análisis de varianza comprobó que existen diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) en todos los tratamientos, la prueba de comparación múltiple de Tuckey estableció que el T1 presentó un mejor porcentaje de supervivencia con un nivel de confianza de 95% (Anexo Z).

6.6 CALIDAD DEL AGUA

La temperatura del agua en los diferentes tratamientos y réplicas se mantuvo en un promedio de $30,5 \pm 0,3$ °C (Figura 21), este valor concuerda con el reportado por Gutiérrez⁹⁰ *et al*, quienes mantuvieron temperaturas de 29,5°C, trabajando con

⁹⁰ GUTIERREZ, A, *et al*. Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomum*). [en línea]. Perú [citado 13 Feb., 2012]

cachama negra (*Colossoma macropomum*), en cuanto al pH se registró un promedio de 6.6 en todos los acuarios, el cual se encuentra dentro de los rangos recomendados por Bravo y David⁹¹ para especies ícticas de aguas cálidas (Figura 22).

Figura 22. Registro de temperatura por tratamiento, durante el periodo de estudio.

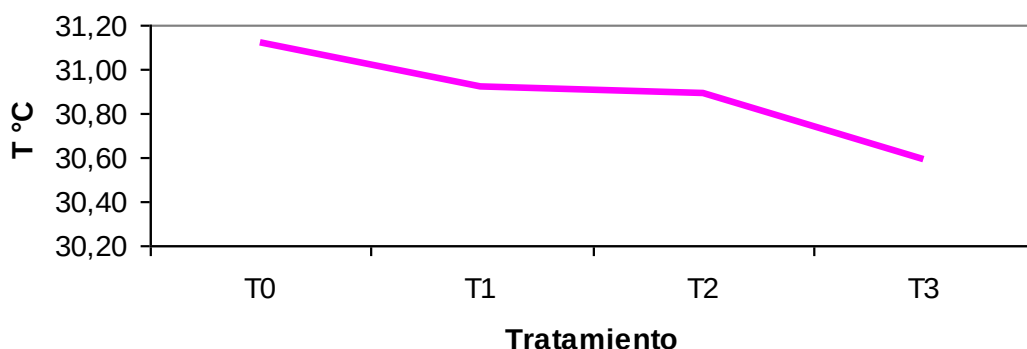
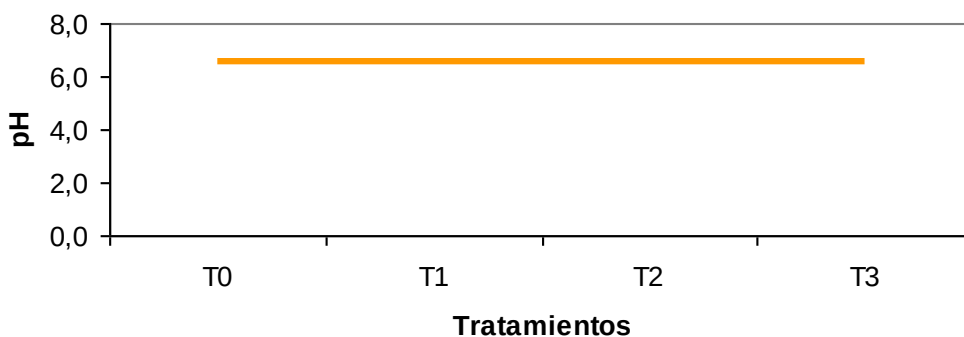


Figura 23. Registro de pH por tratamiento, durante el periodo de estudio.



El análisis de varianza realizado a la temperatura y pH demostró que no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre las unidades experimentales ($p > 0,05$), por lo tanto la estabilidad manejada en la investigación reflejó que estos parámetros no se constituyeron en fuente de variación con un nivel de confianza de 95 % (Anexo Z 1).

Disponible en Internet. <URL:http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172009000200005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1609-9117>

⁹¹ DAVID, C y BRAVO, R. El manejo técnico del cultivo de Cachama. Fundación para el fomento de la iniciativa empresarial, FUNDAEMPRESA. Convenio CAD 016-03-1. Bogotá, D.C.: Produmedios, 2004. p. 6.

6.7 ANÁLISIS PARCIAL DE COSTOS

Se consideraron los costos fijos y variables por tratamiento durante todo el periodo experimental, como son las materias primas empleadas en la elaboración de las dietas y porcentaje de sobrevivencia de los alevinos, obteniendo un costo total por kilogramo de \$ 2.790 (T1), \$ 2.800 (T3), \$ 2.813 (T2), \$ 2.838 (T0), el análisis económico realizado para cada tratamiento reportó rentabilidades de 41,13% (T1), 32,14% (T3), 28,50% (T2) y 26,52% (T0). En cuanto a la relación beneficio/costo se calcularon valores de 1,41 (T1), 1,32 (T3), 1,28 (T2) y 1,27 (T0) (Tabla 9, figura 23), por lo tanto el análisis económico reflejó que el T1 presentó un mejor costo por kilogramo de alimento, rentabilidad y relación beneficio/costo.

Figura 24. Relación beneficio/costo por tratamiento

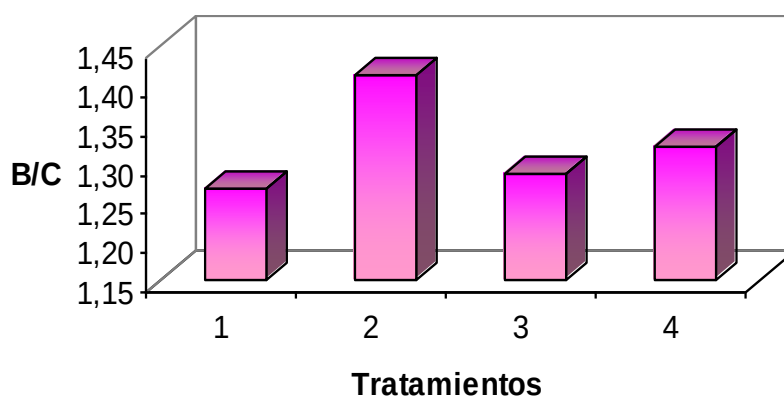


Tabla 9. Análisis parcial de costos

DETALLE	T0 (0% H.H.V.C.B)	T1 (10% H.H.V.C.B)	T2 (20% H.H.V.C.B)	T3 (30% H.H.V.C.B)
COSTOS FIJOS				
Alevinos de Cachama Blanca	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00	\$ 9.600,00
Depreciación de materiales y equipos	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
SUBTOTAL	\$ 19.600,00	\$ 19.600,00	\$ 19.600,00	\$ 19.600,00
COSTOS VARIABLES				
Harina Pescado	\$ 1.050,00	\$ 951,32	\$ 582,69	\$ 584,23
Torta de Soya	\$ 1.028,00	\$ 750,00	\$ 750,00	\$ 375,00
harina de trigo	\$ 120,00	\$ 174,00	\$ 160,22	\$ 231,69
Harina Maiz	\$ 151,00	\$ 150,00	\$ 160,00	\$ 150,00
Hidrolizado de vísceras de Cachama blanca H.V.C.B	\$ -	\$ 300,00	\$ 600,00	\$ 900,00
Aceite de pescado	\$ 100,00	\$ -	\$ -	\$ -
Otros (Oxitetraciclina, Premezcla vitamínica, etc)	\$ 389,00	\$ 464,73	\$ 560,00	\$ 560,00
SUBTOTAL	\$ 2.838,00	\$ 2.790,05	\$ 2.812,91	\$ 2.800,92
TOTAL EGRESOS	\$ 22.438,00	\$ 22.390,05	\$ 22.412,91	\$ 22.400,92
ANÁLISIS ECONÓMICO				
Utilidad Bruta	\$ 28.400,00	\$ 31.600,00	\$ 28.800,00	\$ 29.600,00
Ingreso neto (Utilidad bruta- Total egresos)	\$ 5.962,00	\$ 9.209,95	\$ 6.387,09	\$ 7.199,08
RENTABILIDAD (Ingreso neto/total egresos*100)	26,57%	41,13%	28,50%	32,14%
RELACION BENEFICIO/COSTO (utilidad bruta/total egresos)	1,27	1,41	1,28	1,32

Para el análisis económico se tuvo en cuenta la sobrevivencia por tratamiento de 88,75% (T0), 98,33% (T1), 90% (T2), 92,5% (T3), así como un precio de compra de los alevinos de \$ 120 y de venta estimado de \$400 para la determinación del ingreso neto.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Los resultados demuestran la viabilidad de emplear harina de hidrolizado de vísceras de cachama blanca, como fuente de proteína alternativa en la elaboración de dietas para alimentación de alevinos de cachama blanca.
- El mejor tratamiento desde el punto de vista del coeficiente de digestibilidad de proteína, relación proteína/energía, sobrevivencia, biodisponibilidad de Calcio y análisis económico fue el T1 con un porcentaje de inclusión en la dieta de 10% de harina de hidrolizado de vísceras de cachama.
- Los coeficientes de digestibilidad de proteína, extracto etéreo y energía registraron valores promedios superiores al 84% en todos los tratamientos, lo cual refleja la calidad nutricional de las dietas con harina de hidrolizado de vísceras, teniendo en cuenta el suministro adecuado de aminoácidos al emplear hidrolizados de vísceras de la misma especie.
- Los coeficientes de digestibilidad de E.N.N registraron valores promedio de 86%, lo que corrobora la capacidad de esta especie para digerir los carbohidratos presentes en la dieta, debido a sus hábitos omnívoros.
- El T3 registró mejor conversión alimenticia debido a que reportó mayores consumos de alimento y aprovechamiento de energía en el metabolismo de la dieta.

7.2 RECOMENDACIONES

- Utilizar harina de hidrolizado de vísceras con inclusión del 10% en dietas para alevinaje de cachama blanca debido a los mejores coeficientes de digestibilidad de proteína, biodisponibilidad de Calcio y relación beneficio/costo.
- Promover la utilización de hidrolizado de vísceras de pescado como una alternativa ecológica y económica para reducir los costos operacionales de manejo y disposición final de los desechos de pescado.
- Realizar estudios de impacto ambiental para determinar en que grado se logra disminuir la contaminación de las fuentes hídricas al utilizar los subproductos pesqueros como alternativa nutricional en animales de cultivo.

- Evaluar el balance de aminoácidos y ácidos grasos presentes en el hidrolizado de vísceras de cachama blanca.

BIBLIOGRAFÍA

BOSCOLO, W *et al.* Digestibilidade Aparente da Energia e Proteína das Farinhas de Resíduo da Filetagem da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da Corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e Farinha Integral do Camarão Canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). [en línea] Brasil. [citado 16 feb., 2012]. Disponible en Internet. <URL:<http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v33n1/a02v33n1.pdf>>

CAMACHO, B, *et al.* Caracterización de un hidrolizado proteico enzimático obtenido del pez Caribe colorado (*Pygocentrus cariba*, *Humboldt 1821*). [en línea] Caracas, Venezuela. 2007. [citado 16 ene., 2012] Disponible en internet. <URL:http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0378-18442007000300011&script=sci_arttext>

CARIAS, D. Grado de concordancia entre la digestibilidad de proteínas animales y vegetales medidas in vivo e in-vitro y su efecto sobre el cómputo químico. [en línea] Brasil. 1995. [citado 15 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL:<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=192458&indexSearch=ID>>

CORPORACION COLOMBIA INTERNACIONAL. CCI. Resultados encuesta nacional piscícola 2010B. [en línea] Bogotá, Colombia. Reportes de oferta agropecuaria. Sistema de información de la oferta agropecuaria [citado 12 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL:http://www.cci.org.co/oferta/ENCUESTA_PISCICOLA_2010B.pdf>

CHO, Y. La energía en la nutrición de los peces. Nutrición en acuicultura II. Comisión asesora de investigación científica y técnica. CAICYT. Madrid, España. Universidad labarta editores. 1987. 300 P.

CORREDOR-CASTILLO, A y LANDINES, M. Efecto de la inclusión de vitamina C en la dieta sobre algunos parámetros productivos y hematológicos de juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) sometidos a estrés agudo. [en línea]. Memorias IV Congreso Colombiano de Acuicultura. Antioquia, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. [citado 15 ene., 2012]. Disponible en internet. <URL: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/501/468>>

DAVID, C y BRAVO, R. El manejo técnico del cultivo de Cachama. Fundación para el fomento de la iniciativa empresarial, FUNDAEMPRESA. Convenio CAD 016-03-1. Bogotá, D.C.: Produmedios, 2004. 23 P.

DELGADO, M Y LOPEZ, Y. 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 oxido crómico y cámaras metabólicas. Trabajo de grado Ingeniero en Producción Acuícola. Nariño, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Recursos Hidrobiológicos. 2005. 100 P.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. FAO. Aspectos Económicos del Procesamiento y Uso de Ensilados de Pescado. Documento técnico de pesca. [en línea] Roma, Italia. [citado 16 ene., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap4.htm>>

_____. El estado actual de la acuicultura en Colombia y perfiles de nutrición y alimentación. Documento técnico de pesca. [en línea] Roma, Italia. [citado 12 ene., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab487s/AB487S05.htm#ch4.4.2>>

GARCIA, M y SANZ, R. Nutrición en Acuicultura I. Absorción intestinal en peces. CAICYT. 1987. 300 P.

GUTIERREZ, A, *et al.* Efecto de varios niveles de energía digestible y proteína en la dieta sobre el crecimiento de gamitana (*Colossoma macropomum*). [en línea]. Perú [citado 13 Feb., 2012] Disponible en Internet. <URL: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172009000200005&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1609-9117>

HARDY, R. Fish feed formulation. Fish feed technology. United Nations Development Programme. Food and Agriculture Organization of United Nations (FAO). Roma. 1980.

HEPPER, B y PRUGININ, Y. Cultivo de peces comerciales. México D.F. Editorial limusa, 1988. 406 P.

HIGUERA, M. Nutrición en Acuicultura II. Diseños y métodos especiales de evaluación de dietas. J.a. Monteros y m. Labarta, editores. Madrid, España. 1996. 291 P.

HIGUERA, M y CARDENETE, G. Fuentes alternativas de Proteína y Energía en acuicultura. Alimentación en Acuicultura. Comisión asesora de investigación científica y técnica. CAICYT. Madrid, España. Universidad Labarta editores. 1987. 300 P.

JARAMILLO, D. Alimentación de peces. Centro de investigación piscícola. Universidad de Caldas. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Caldas, Manizales. 1986. 99 P.

LOPEZ-MACIAS, J. Nutrición acuícola. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. 1997. 211 P.

_____. Nutrición y alimentación de Especies de aguas frías, medias y cálidas de importancia acuícola. Conferencias mimeografiadas. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Programa de Zootecnia. Pasto, Colombia. 1997. 146 P.

LLANES, J. et al. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). [en línea] Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana, Cuba. [citado 16 feb., 2012] disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v28n4/art06.pdf>>

_____. Digestibilidad aparente de los ensilajes de residuos pesqueros en tilapias rojas (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). [en línea] Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana, Cuba. [citado 16 feb., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.org.ve/pdf/zt/v28n4/art06.pdf>>

_____. Tecnología de producción de alimento semi-húmedo a base de ensilados de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). [en línea] Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana, Cuba. [citado 28 abr., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090726.pdf>>

MESA-GRANDA, M y BOTERO-AGUIRRE, M. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. [en línea] Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Vol 20. Bogotá D.C. 2007. [citado 15 feb., 2011]. Disponible en internet. <URL: <http://rccp.udea.edu.co/index.php/ojs/article/view/262>>

MURILLO, R, GUEVARA, S y ORTIZ, A. Evaluación de dos dietas con proteína de origen vegetal en alimentación de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) en fase de levante, utilizando ingredientes de la región del Ariari. [en línea] Instituto de Acuicultura de la Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia. [citado 14 ene., 2012]. Disponible en internet.
<URL:
http://www.iiap.org.pe/publicaciones/CDs/MEMORIAS_VALIDAS/pdfs/Murillo.pdf>

OLIVEIRA, M. *et al.* Digestibilidade e desempenho de alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. [en línea] Laboratório de Reprodução de Peixes da Universidade José do Rosário Vellano, UNIFENAS. Brasil. [citado 14 feb., 2012]. Disponible en Internet. <URL:<http://www.scielo.br/pdf/%0D/cagro/v30n6/a24v30n6.pdf>>

OLVERA, M. Digestibilidad en los peces. Ensayos de laboratorios. Madrid, España. Editorial Acribia, 1998. 85 P.

ORTEGA, A y ROSERO, L. evaluación comparativa de la porquinaza y el abono triple 15 en el cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado. Zootecnista. Pasto, Colombia. Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Pecuarias. Departamento de Procesamiento y Producción Animal. 1998. 100 P.

PARÍN, M y ZUGARRAMURDI, A. Aspectos económicos del procesamiento y uso de ensilados de pescado. [en línea] Centro de Investigaciones de Tecnología Pesquera y Alimentos Regionales (CITEP) Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Mar del Plata, Argentina. [citado 17 ene., 2012] disponible en Internet. <<http://www.fao.org/ag/AGa/AGAP/FRG/APH134/cap4.htm>>

PASUPULETI, V.K y DEMAİN, A.L. Protein Hydrolysates in Biotechnology. [en línea] Science+Business Media B.V. USA. 2010. [citado 16 junio., 2012] Disponible en Internet. <URL: http://www.springer.com/cda/content/document/cda_downloadaddocument/9781402066733-c2.pdf?SGWID=0-0-45-1119941-p173755414>

PECES DE AGUA DULCE. [citado ene 11 de 2012] disponible en Internet <URL:<http://elacuario.org/pecesOrnamentales/pecesdecolombia/n/piaractusbrachypomus.JPG>>

PÉREZ-ZAVALA, A. Efecto de la sustitución de la harina de pescado, por harina de soya e hidrolizado de cabeza de camarón, en dietas balanceadas en juveniles de langosta de quelas rojas, (*Cherax quadricarinatus*). [en línea] Trabajo de grado. Magister. Biología. México D.F. Universidad Autónoma Metropolitana. División de ciencias biológicas y de la salud. 2004. [citado 17 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://148.206.53.231/uami11042.pdf>>

PEZZATO, L, *et al.* Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). [en línea] Universidade Federal de Santa Catarina. Florianopolis, Brasil. [citado 16 feb., 2012] disponible en Internet. <URL: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/rbz/v31n4/13720.pdf>>

SAEZ, P. Utilización digestiva de dietas con distintos niveles de inclusión de harina de lupino (*Lupino albus*) en juveniles de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). [en línea] Trabajo de grado Licenciado en ciencias de la acuicultura. Chile. Universidad Católica de Temuco. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Escuela de acuicultura. 2003. [citado 17 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://biblioteca.uct.cl/tesis/tesis-patricio-saez.pdf>>

SOLAR I. Biotecnología aplicada a la acuicultura. Aquanoticias. [en línea] Santiago de Chile, Chile. [citado 12 ene., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.fao.org/docrep/005/y7300s/y7300s00.htm>>

SOLER-JARAMILLO, M. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. Capítulo II: Sistema digestivo de los peces, camarones y su fisiología. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. INPA. Bogota, Colombia. 1996. 300 P.

STONE, F. An acid digestion method for the determination of chromic oxide (Cr_2O_3) used as an indicator substance in fish feed digestibility studies. Washington, USA. 1982. 350 P.

SUÁREZ-RAMÍREZ, D. Obtención de hidrolizado de proteína de pescado a partir de tilapia roja (*oreochromis sp.*) [en línea] Trabajo de grado. Especialista. Ciencia y tecnología de alimentos. Bogotá D.C., Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 2010. [citado 14 ene., 2012] Disponible en Internet. <URL: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2786/1/107411.2010.pdf>>

TOLEDO, J et al. Evaluación del ensilado químico de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). [en línea] Centro de Preparación Acuícola Mampostón. La Habana. Cuba. [citado 16 febrero., 2012]. Disponible en Internet. <URL: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090307/090723.pdf>>

VASQUES-TORRES, W. Nutrición y alimentación de peces. Fundamentos de acuicultura continental. Instituto Nacional de pesca y Acuicultura (INPA). Bogotá D.C. 2001. 121 P.

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

_____. Retrospectiva del cultivo de las cachamas en Colombia. Memorias II Congreso nacional de acuicultura. Universidad de los Llanos, Villavicencio, 2004.

VIDIOTI, R. et al. Acid and Fermented Silage Characterization and Determination of Apparent Digestibility Coefficient of Crude Protein for Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). [en línea] Brasil. [citado 16 feb., 2010] Disponible en Internet.

<URL:<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1749-7345.2002.tb00478.x/abstract>>

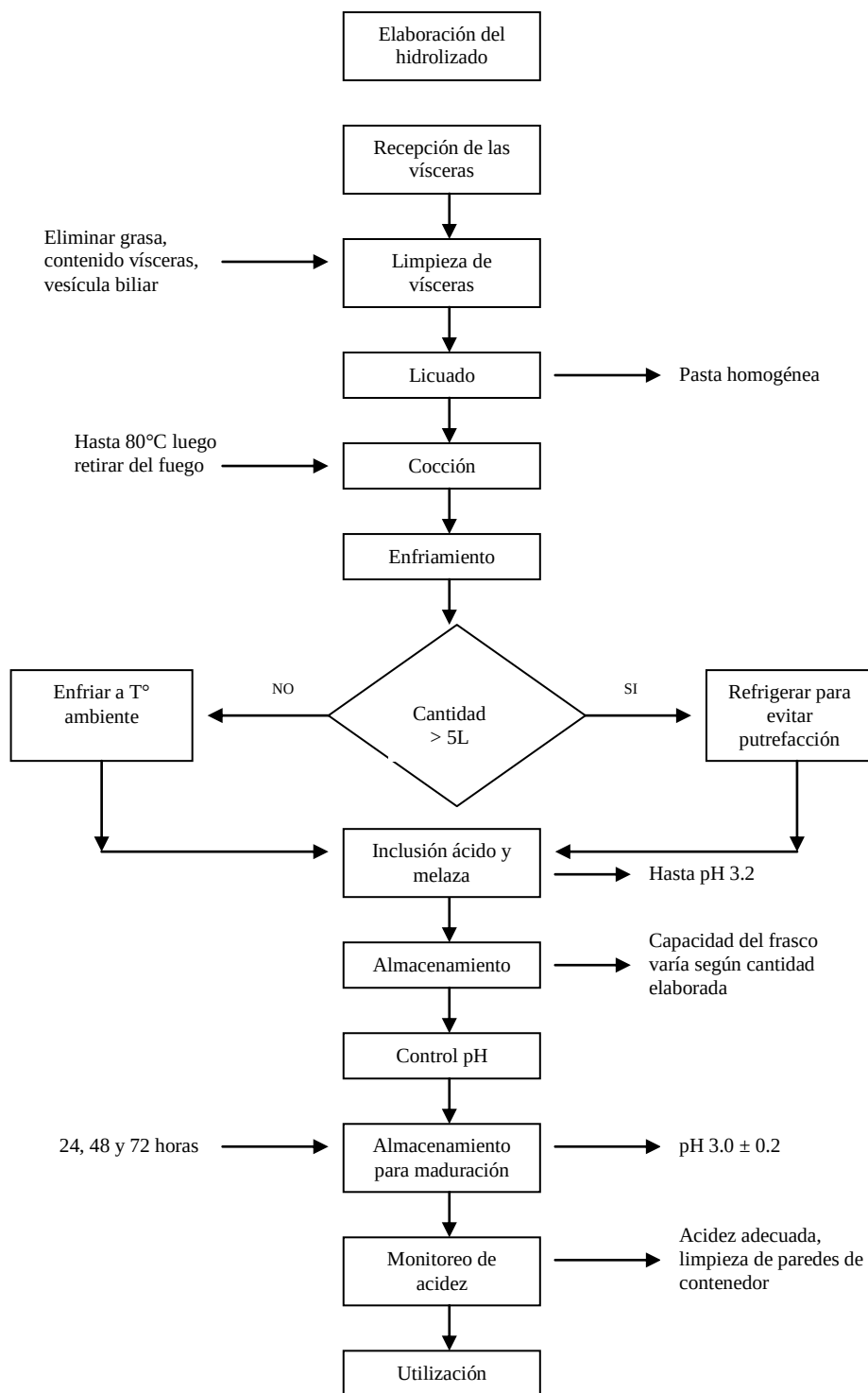
VIOQUE, J y MILLÁN, F. Los hidrolizados proteicos en alimentación. Suplementos alimenticios de gran calidad funcional y nutricional. [en línea] Consejo superior de investigaciones científicas. Instituto de la grasa. Sevilla, España. [citado 16 ene., 2012] Disponible en Internet. http://digital.csic.es/bitstream./10261/5750/1/IG_AGROCSIC_2.pdf

ANEXOS

ANEXO A. Registros de temperatura y pH en los diferentes tratamientos y réplicas durante el periodo experimental.

UND	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6		DIA 7		DIA 8		DIA 9		DIA 10		DIA 11		DIA 12		DIA 13		DIA 14		DIA 15		DIA 16		DIA 17		DIA 18	
	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH	T°	pH
T0R1	31	6,5	30	6,7	30	6,5	31	6,7	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,7	32	6,6	32	6,6	32	6,6	31	6,7	30	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,7	32	6,6	32	6,6
T0R2	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,5	31	6,7	32	6,5	32	6,6	32	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,6	32	6,6	32	6,7	31	6,6	31	6,6	32	6,5	32	6,7
T0R3	31	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,7	31	6,7	31	6,6	31	6,7	32	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,7	31	6,6	32	6,7	32	6,6	32	6,7	32	6,7	31	6,5	31	6,6
T0R4	32	6,5	31	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,5	32	6,7	32	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,6	32	6,6	31	6,5	32	6,7
T1R1	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,6	31	6,7	31	6,5	31	6,6
T1R2	31	6,7	31	6,7	31	6,7	31	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,7	31	6,7	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,7	31	6,5	31	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,7	31	6,7
T1R3	31	6,6	31	6,6	31	6,6	32	6,7	32	6,5	31	6,6	31	6,6	30	6,6	30	6,6	31	6,7	32	6,6	32	6,6	31	6,7	31	6,7	32	6,7	31	6,7	31	6,5	30	6,6
T1R4	31	6,7	31	6,7	31	6,7	31	6,6	31	6,5	30	6,7	30	6,5	30	6,7	31	6,5	31	6,6	32	6,6	31	6,7	31	6,5	31	6,6	31	6,6	30	6,6	30	6,6	31	6,7
T2R1	32	6,5	32	6,6	32	6,7	32	6,7	32	6,6	31	6,6	30	6,5	31	6,6	31	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,5	30	6,7	30	6,7	31	6,6
T2R2	32	6,6	31	6,7	31	6,5	31	6,6	31	6,7	31	6,7	30	6,6	31	6,7	31	6,6	30	6,6	31	6,7	31	6,7	31	6,7	30	6,7	31	6,7	31	6,6	30	6,6	31	6,7
T2R3	31	6,5	31	6,6	31	6,7	31	6,7	31	6,6	31	6,6	31	6,7	31	6,7	31	6,7	31	6,6	31	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,6	31	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,6
T2R4	31	6,7	31	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,5	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,6	31	6,5	31	6,7
T3R1	32	6,5	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,5	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,7	31	6,6	32	6,5	32	6,6	31	6,5	31	6,6	31	6,7	31	6,7	31	6,6	31	6,6
T3R2	31	6,6	31	6,6	31	6,7	31	6,6	31	6,6	31	6,7	31	6,7	31	6,7	31	6,7	31	6,7	31	6,5	31	6,7	31	6,5	31	6,7	31	6,6	31	6,6	31	6,7	31	6,7
T3R3	30	6,7	30	6,6	30	6,6	30	6,6	30	6,7	30	6,6	30	6,5	31	6,6	31	6,5	30	6,6	31	6,5	31	6,6	30	6,5	30	6,6	30	6,6	30	6,6	30	6,6	31	6,6
T3R4	31	6,6	30	6,7	30	6,7	30	6,7	30	6,5	30	6,7	30	6,6	31	6,7	31	6,6	30	6,6	31	6,6	31	6,7	30	6,6	30	6,6	30	6,5	30	6,7	30	6,6	31	6,6

Anexo B. Flujo grama elaboración del hidrolizado



Anexo C. Balanceo de las dietas experimentales

T0: 0% DE INCLUSIÓN H.H.V.C.B					
ALIMENTO	%	MS	ED Mcal/Kg MS	PB	PRECIO
Harina Pescado	30,00	26,16	1,4	18,05	1.050,00
Torta de Soya	41,13	36,77	1,9	19,45	1.028,15
Harina de trigo	10,00	8,67	0,4	1,26	120,00
Harina Maíz	15,10	13,04	0,7	1,24	150,97
Aceite de pescado	1,00	0,90	0,1	0,00	100,00
Premezcla Mineral	1,78	1,74	0,0	0,00	248,79
Premezcla Vitamínica	1,00	0,98	0,0	0,00	140,00
Aporte dieta	100,00	88,26	4,50	40,00	2837,9
T1: 10% DE INCLUSIÓN H.H.V.C.B					
Harina Pescado	27,18	23,70	1,26	16,35	951,32
Torta de Soya	30,00	26,82	1,39	14,19	750,00
Hidrolizado	10,00	1,68	0,55	6,40	300,00
Harina de trigo	14,50	12,57	0,64	1,83	174,00
Harina Maíz	15,00	12,96	0,66	1,23	150,00
Premezcla Mineral	1,32	1,29	0,00	0,00	184,73
Premezcla Vitamínica	2,00	1,96	0,00	0,00	280,00
Aporte dieta	100,00	80,99	4,50	40,0	2790,0
T2: 20% DE INCLUSIÓN H.H.V.C.B					
Harina Pescado	16,65	14,52	0,77	10,02	582,69
Torta de Soya	30,00	26,82	1,39	14,19	750,00
Hidrolizado	20,00	3,36	1,10	12,80	600,00
Harina de trigo	13,35	11,58	0,59	1,68	160,22
Harina Maíz	16,00	13,82	0,70	1,31	160,00
Premezcla Mineral	2,00	1,96	0,00	0,00	280,00
Premezcla Vitamínica	2,00	1,96	0,00	0,00	280,00
Aporte dieta	100,00	74,02	4,56	40,00	2812,9
T3: 30% DE INCLUSIÓN H.H.V.C.B					
Harina Pescado	16,69	14,56	0,77	10,04	584,23
Torta de Soya	15,00	13,41	0,70	7,10	375,00
Hidrolizado	30,00	5,04	1,66	19,20	900,00
Harina de trigo	19,31	16,74	0,86	2,43	231,69
Harina Maíz	15,00	12,96	0,66	1,23	150,00
Premezcla Mineral	2,00	1,96	0,00	0,00	280,00
Premezcla Vitamínica	2,00	1,96	0,00	0,00	280,00
aporte dieta	100,00	66,63	4,64	40,00	2800,9

Anexo D. Análisis bromatológico harina de pescado

Anexo E. Análisis bromatológico harina de trigo.

Anexo F. Análisis bromatológico torta de soya.

Anexo G. Análisis bromatológico harina de maíz.

Anexo H. Análisis bromatológico hidrolizado vísceras de cachama blanca.

Anexo I. Análisis bromatológico dieta T0 (0% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo J. Análisis bromatológico dieta T1 (10% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo K. Análisis bromatológico dieta T2 (20% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo L. Análisis bromatológico dieta T3 (30% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo M. Análisis bromatológico heces T0 (0% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo N. Análisis bromatológico heces T1 (10% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo Ñ. Análisis bromatológico heces T2 (20% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo O. Análisis bromatológico heces T3 (30% inclusión H.H.V.C.B)

Anexo P. Análisis de varianza del coeficiente de digestibilidad de proteína

Tabla ANOVA para CDProteína según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	2,9035	3	0,967833		
Intra grupos	0,0	12	0,0		
Total (Corr.)	2,9035	15			

Contraste Múltiple de Rango para CDProteína según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
1	4	90,01	X
3	4	90,42	X
4	4	90,94	X
2	4	91,08	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*-1,07		0,0
1 - 3	*-0,41		0,0
1 - 4	*-0,93		0,0
2 - 3	*0,66		0,0
2 - 4	*0,14		0,0
3 - 4	*-0,52		0,0

Anexo Q. Análisis de varianza del Coeficiente de utilización energética

Tabla ANOVA para CUE según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	6,7619	3	2,25397		
Intra grupos	0,0	12	0,0		
Total (Corr.)	6,7619	15			

Contraste Múltiple de Rango para CUE según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
2	4	84,59	X
3	4	84,87	X
1	4	86,01	X
4	4	86,02	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*1,42		0,0
1 - 3	*1,14		0,0
1 - 4	*-0,01		0,0
2 - 3	*-0,28		0,0
2 - 4	*-1,43		0,0
3 - 4	*-1,15		0,0

* indica una diferencia significativa.

Anexo R. Análisis de varianza de Energía digestible

Tabla ANOVA para ED según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	526800,0	3	175600,0		
Intra grupos	0,0	12	0,0		
Total (Corr.)	526800,0	15			

Contraste Múltiple de Rango para ED según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
2	4	700,0	X
1	4	910,0	X
3	4	920,0	X
4	4	1210,0	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*210,0		0,0
1 - 3	*-10,0		0,0
1 - 4	*-300,0		0,0
2 - 3	*-220,0		0,0
2 - 4	*-510,0		0,0
3 - 4	*-290,0		0,0

* indica una diferencia significativa.

Anexo S. Análisis de varianza del Coeficiente de digestibilidad de extracto etéreo

Tabla ANOVA para CDEE según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	130,44	3	43,4801		
Intra grupos	0,0	12	0,0		
Total (Corr.)	130,44	15			

Contraste Múltiple de Rango para CDEE según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
3	4	88,72	X
4	4	91,06	X
2	4	95,3	X
1	4	95,41	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*0,11		0,0
1 - 3	*6,69		0,0
1 - 4	*4,35		0,0
2 - 3	*6,58		0,0
2 - 4	*4,24		0,0
3 - 4	*-2,34		0,0

* indica una diferencia significativa.

Anexo T. Análisis de varianza del Coeficiente de digestibilidad de extracto no nitrogenado

Tabla ANOVA para CDENN según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	25,9176	3	8,6392		
Intra grupos	0,0	12	0,0		
Total (Corr.)	25,9176	15			

Contraste Múltiple de Rango para CDENN según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
2	4	85,51	X
4	4	86,1	X
3	4	86,49	X
1	4	88,86	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*3,35		0,0
1 - 3	*2,37		0,0
1 - 4	*2,76		0,0
2 - 3	*-0,98		0,0
2 - 4	*-0,59		0,0
3 - 4	*0,39		0,0

* indica una diferencia significativa.

Anexo U. Análisis de varianza de consumo de alimento

Tabla ANOVA para consumo según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	524,284	3	174,761	31,67	0,0000
Intra grupos	66,2155	12	5,51796		
Total (Corr.)	590,499	15			

Contraste Múltiple de Rango para consumo según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
1	4	45,43	X
3	4	48,135	X
2	4	56,57	X
4	4	59,25	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*-11,14		4,94643
1 - 3	-2,705		4,94643
1 - 4	*-13,82		4,94643
2 - 3	*8,435		4,94643
2 - 4	-2,68		4,94643
3 - 4	*-11,115		4,94643

* indica una diferencia significativa.

Anexo V. Análisis de varianza de biodisponibilidad de minerales

Tabla ANOVA para Calcio/Fósforo según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1,6344	3	0,5448		
Intra grupos	0,0	12	0,0		
Total (Corr.)	1,6344	15			

Contraste Múltiple de Rango para Calcio/Fósforo según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
2	4	0,43	X
1	4	0,97	X
3	4	1,0	X
4	4	1,32	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*0,54		0,0
1 - 3	*-0,03		0,0
1 - 4	*-0,35		0,0
2 - 3	*-0,57		0,0
2 - 4	*-0,89		0,0
3 - 4	*-0,32		0,0

* indica una diferencia significativa.

Anexo W. Análisis de varianza de peso inicial

Tabla ANOVA para peso inicial según réplica

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,778919	3	0,25964	0,88	0,4806
Intra grupos	3,55652	12	0,296377		
Total (Corr.)	4,33544	15			

Contraste Múltiple de Rango para peso inicial según réplica

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
réplica	Frec.	Media	Grupos homogéneos
4	4	5,8975	X
2	4	6,285	X
1	4	6,3925	X
3	4	6,4725	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	0,1075		1,14637
1 - 3	-0,08		1,14637
1 - 4	0,495		1,14637
2 - 3	-0,1875		1,14637
2 - 4	0,3875		1,14637
3 - 4	0,575		1,14637

* indica una diferencia significativa.

Anexo X. Análisis de varianza de biomasa

Tabla ANOVA para biomasa según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	397,61	3	132,537	2,29	0,1306
Intra grupos	695,243	12	57,9369		
Total (Corr.)	1092,85	15			

Contraste Múltiple de Rango para biomasa según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
1	4	119,119	X
2	4	122,769	X
3	4	125,006	X
4	4	132,738	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	-3,65		16,028
1 - 3	-5,8875		16,028
1 - 4	-13,6188		16,028
2 - 3	-2,2375		16,028
2 - 4	-9,96875		16,028
3 - 4	-7,73125		16,028

* indica una diferencia significativa.

Anexo Y. Cálculo de conversión alimenticia

Tratamiento	Alimento	Alimento	Alimento	Incremento de peso	Conversión alimenticia
	suministrado (g)	no consumido (g)	consumido (g)		
0	300	68,28	181,72	2,895	1,59
1	300	23,72	226,28	3,032	1,34
2	300	57,46	192,54	2,698	1,40
3	300	13,00	237,00	2,451	1,03

Anexo Z. Análisis de varianza de sobrevivencia

Tabla ANOVA para SOB según tratamiento

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	1706,25	3	568,75		
Intra grupos	0,0	12	0,0		
Total (Corr.)	1706,25	15			

Contraste Múltiple de Rango para SOB según tratamiento

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
tratamiento	Frec.	Media	Grupos homogéneos
3	4	67,5	X
2	4	73,75	X
1	4	88,75	X
4	4	92,5	X
Contraste	Diferencias		+/- Límites
1 - 2	*15,0		0,0
1 - 3	*21,25		0,0
1 - 4	*-3,75		0,0
2 - 3	*6,25		0,0
2 - 4	*-18,75		0,0
3 - 4	*-25,0		0,0

* indica una diferencia significativa.

Anexo Z 1. Análisis de varianza de temperatura

Tabla ANOVA para TEMPERATURA según réplica

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0,135	3	0,045	0,36	0,7822
Intra grupos	1,495	12	0,124583		
Total (Corr.)	1,63	15			

Contraste Múltiple de Rango para TEMPERATURA según réplica

Método: 95,0 porcentaje HSD de Tukey			
réplica	Frec.	Media	Grupos homogéneos
4	4	30,675	X
3	4	30,75	X
2	4	30,75	X
1	4	30,925	X
Contraste			Diferencias +/- Límites
1 - 2			0,175 0,743246
1 - 3			0,175 0,743246
1 - 4			0,25 0,743246
2 - 3			0,0 0,743246
2 - 4			0,075 0,743246
3 - 4			0,075 0,743246
* indica una diferencia significativa.			