



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

# **APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS PESQUEROS GENERADOS EN LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE VÍSCERAS DE PESCADO**

**Latife Del Rosario Lúquez Pérez**

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Ciencias Agropecuarias.

Palmira, Colombia

2018



# **APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS PESQUEROS GENERADOS EN LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA PARA LA PRODUCCIÓN DE HARINA DE VÍSCERAS DE PESCADO**

**Latife del Rosario Lúquez Pérez**

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título  
de:

**Magister en Ciencias Agrarias**

Director:

Ph.D., José Igor Hleap Zapata

Línea de Investigación:

Producción Animal Tropical

Grupo de Investigación:

“ICTIAP” CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN ACUICULTURA Y PESCA

Universidad Nacional de Colombia

Facultad Ciencias Agropecuarias.

Palmira, Colombia

2018



## **DEDICATORIA**

*Por su apoyo incondicional en todos mis sueños; por brindarme siempre lo mejor; por todo su amor y respaldo; desde lo más profundo de mí ser dedico éste y cada uno de mis logros al motor de mi vida: MI FAMILIA y a ti mi Tioche que siempre vivirás en mi corazón.*

*“Hijo mío, si haces tuyas mis palabras  
y atesoras mis mandamientos;  
Si tu oído inclinas hacia la sabiduría  
y de corazón te entregas a la inteligencia;  
Si llamas a la inteligencia  
y pides discernimiento;  
Si la buscas como a la plata,  
como a un tesoro escondido,  
Entonces comprenderás el temor del Señor  
y hallarás el conocimiento de Dios.  
Porque el Señor da la sabiduría;  
conocimiento y ciencia brotan de sus labios.”*

*Proverbios 2:1-6 NVI*



## Agradecimientos

Mi eterno agradecimiento a Dios, por bendecirme en todo momento, derramar su misericordia sobre mí y llenar mi vida de sabiduría.

A mis padres Cecilio Lúquez y Marlene Pérez, mis hermanas, cuñados y mis Juanes; que siempre han creído en mí, han estado conmigo brindándome su apoyo, impulsándome a alcanzar mis metas y motivarme a ser una mejor persona.

A mi novio Holmes Gutiérrez, por su amor, su paciencia, su espera y sus consejos. A mi director José Igor Hleap Zapata, por todo el apoyo durante el proceso de mi maestría, la transferencia de conocimiento y las asesorías brindadas.

A mis compañeros Nelly Velasco, Elianny Pacheco, Eduar Arias, Illgner Contreras y Luis Ángel Acosta; quienes me acompañaron en éste proceso y se convirtieron en mi familia cuando tuve que alejarme de la mía.

A la comunidad de pescadores de la Ciénaga de Zapatosa y los representantes legales de las diferentes asociaciones pesqueras, por su apoyo y acompañamiento durante el desarrollo experimental de mi investigación.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, por la formación académica y por brindarme los espacios requeridos durante el desarrollo de la maestría en Ciencias Agrarias.

A la Gobernación del Cesar por la financiación de mis estudios a través de la Becas Agropecuarias en el marco del proyecto: *"Consolidación de las Capacidades de Ciencia, Tecnología E Innovación del Sector Agropecuario del Departamento del Cesar - Componente Acuícola y Pesquero"*

Al profesor Carlos Alberto Jaramillo Cruz y todo el equipo de trabajo encargado de las gestiones administrativas, académicas y financieras del grupo de investigación Ciencia, Tecnología e Innovación en Acuicultura y Pesca - ICTIAP

Al profesor Mario Augusto García Dávila por su acompañamiento y colaboración en el desarrollo de los análisis estadísticos y las asesorías en la metodología de la investigación.

Al profesor Andrés Quintero Tovar, decano zonal - Escuela Ciencias Agrícolas y Pecuarias y del Medio Ambiente de la Universidad Abierta y a Distancia – UNAD; por todo su apoyo y colaboración durante el desarrollo experimental de mi maestría.

A toda mi familia y amigos más cercanos que me brindaron su apoyo, palabras de ánimo y consejos durante todo este tiempo.

## Resumen

La demanda del pescado para consumo acarrea mayor producción de residuos (vísceras, cabezas, escamas), este material carece de valor económico y de tecnologías para su aprovechamiento, por tal motivo se estudió la idea de aprovechar los residuos pesqueros generados en los principales puertos de desembarco pesquero en la Ciénaga de Zapatosa. Inicialmente se caracterizó el sistema productivo de la Ciénaga de Zapatosa, donde un estudio socioeconómico permitió conocer las limitantes de las comunidades pesqueras y se observó su disposición de trabajar actividades alternas a la pesca que les permitiera mejorar sus ingresos económicos, como lo es el aprovechamiento de residuos pesqueros en alimentación animal. Se estimó que para los últimos años se han producido cerca de 4000 toneladas de residuos pesqueros que pueden ser aprovechados en la forma indicada anteriormente. Posteriormente se tomaron las vísceras de algunas de las especies ícticas mayormente capturadas en la ciénaga de Zapatosa (Bocachico, bagre, Pacora, Mojarra, Pincho y Arenca) y se caracterizaron bromatológicamente por especie, de esta forma se determinó que estas vísceras resultan un material adecuado para la obtención de harina de vísceras de pescado gracias a su calidad nutricional.

A través de determinadas operaciones unitarias se obtuvo dicha harina, a la cual se le evaluó su composición nutricional y parámetros microbiológicos encontrando que su información nutricional la convierte en una opción proteica favorable en la elaboración de piensos para animales. Sus características de digestibilidad calculadas en un 80%, su nivel de proteína del 54%, su aporte en ácidos grasos esenciales, EPA, DPA, DHA y en los de la serie omega 3, 6 y 9, así como también sus aminoácidos, de gran importancia y de características esenciales como lisina, treonina, valina, fenilalanina, isoleucina, leucina y tirosina confirman esta alternativa. Esta harina fue evaluada mediante pruebas *in vivo* en aves de engorde, donde se analizó el rendimiento productivo en comparación con un alimento comercial, arrojando mejores resultados la harina de vísceras de pescado.

**Palabras clave:** Residuos pesqueros, composición proximal, nutrición animal, Ciénaga de Zapatosa, aves de engorde.

## Abstract

The demand for fish for consumption leads a bigger production of waste (viscera, heads, scales), this material of economic value and technologies for its use, so the idea of using waste generators in the main ports of disembarkation was studied. fishing in the Ciénaga de Zapatos. Initially the productive system of the Ciénaga de Zapatos was characterized, where a socioeconomic study was able to know the limitations of the fishing communities. Fishery residues in animal feed. It is estimated that for the last years there have been about 4000 tons of fishing waste that can be used in the way indicated above. Afterwards, the images of some of the most important species captured in Ciénaga de Zapatos (Bocachico, Bagre, Pacora, Mojarra, Pincho and Arenca) were taken and they were characterized bromatologically by species, in this way it was determined that these waste are an adequate material to obtain fish viscera meal thanks to its nutritional quality.

Through the unit operations this meal was obtained, at the same time its nutritional composition and the microbiological parameters were evaluated, its nutritional information was found in a favorable protein option in the elaboration of animal feeds. Its digestibility characteristics are calculated in 80%, its protein level of 54%, its contribution in essential fatty acids, EPA, DPA, DHA and in the series omega 3, 6 and 9, as well as its aminoacids, of Great importance and essential characteristics such as lysine, threonine, valine, phenylalanine, isoleucine, leucine and tyrosine confirm this alternative. This was the reason why live tests were carried out on birds in England, where the performance of the product was analyzed in comparison with a commercial product, with fishmeal yielding better results.

**Key words: Fishery residues, proximal composition, animal nutrition, Ciénaga de Zapatos, broiler birds.**



# Contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen	
Lista de figuras	
Lista de tablas	
Introducción	4
1. Planteamiento del problema	6
2. Justificación	9
3. Objetivos	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos específicos	11
4. Hipótesis	12
5. Revisión bibliográfica	13
5.1 Generalidades de la Ciénaga de Zapatosa	13
5.1.1 Clima e hidrología	14
5.1.2 Limnología	15
5.1.3 Recursos Ícticos	15
5.1.4 Amenazas antrópicas en la Ciénaga de Zapatosa	16
5.1.5 Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa	17
5.2 Impacto ambiental de la industria pesquera	17
5.3 Residuos Pesqueros	18
5.3.1 Utilización de residuos de pescado para alimentación animal	19
5.3.2 Harina de pescado	19
5.3.3 Harina de vísceras de pescado	20
5.3.4 Principales componentes químicos y contenido nutricional de la harina de vísceras pescado	20
5.3.5 Información microbiológica	21
5.4 Estudios con residuos pesqueros	21

XII Aprovechamiento de residuos pesqueros generados en la Ciénaga de Zapatos  
para la producción de harina de vísceras de pescado

---

6. Materiales y métodos	24
6.1 Localización geográfica del área de estudio	24
6.2 Caracterización del sistema productivo pesquero en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatos	25
6.2.1 Estudio de aceptación de la propuesta en la población de pescadores	25
6.2.2 Estimación de residuos pesqueros en áreas de influencia de La Ciénaga de Zapatos	26
6.2.3 Procesamiento de datos	26
6.2.4 Análisis estadístico	27
6.3 Material biológico	27
6.3.1 Muestreo	27
6.3.2 Acondicionamiento de las muestras	27
6.4 Caracterización bromatológica y microbiológica a las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatos	28
6.4.1 Análisis proximal	28
6.4.2 Análisis microbiológicos	29
6.4.3 Análisis estadístico	29
6.5 Producción de harina de vísceras de pescado	29
6.5.1 Recepción y adecuación	29
6.5.2 Cocción	29
6.5.3 Prensado	30
6.5.4 Decantación	30
6.5.5 Secado	30
6.5.6 Enfriamiento	30
6.5.7 Molienda	30
6.5.8 Adición de antioxidantes	31
6.5.9 Almacenamiento	32
6.6 Determinación del valor nutricional y los parámetros microbiológicos de la harina de vísceras de pescado	32
6.6.1 Análisis proximal	32
6.6.2 Minerales	32
6.6.3 Perfil de aminoácidos	32
6.6.4 Perfil de ácidos grasos	32

6.6.5	Metales pesados	33
6.6.6	Evaluación fisicoquímica o de vida útil	33
6.6.6.1	Índice de acidez	33
6.6.6.2	Índice de rancidez	33
6.6.6.3	Análisis de Bases Nitrogenadas Volátiles Totales	33
6.6.7	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	33
6.6.8	Análisis microbiológicos	34
6.6.9	Análisis estadístico	34
6.7	Evaluación <i>in vivo</i> de la asimilación de la harina de vísceras de pescado elaborada en pollos de engorde	34
6.7.1	Evaluación <i>in vivo</i> de la harina de vísceras de pescado	34
6.7.2	Pruebas rendimiento productivo	35
6.7.3	Rendimiento de la canal	36
6.7.3.1	Peso final vivo	36
6.7.3.2	Peso en canal entera	36
6.7.4	Test hedónico	37
6.7.5	Análisis estadístico	37
6.8	Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros	38
7	Resultados	39
7.1	Caracterización del sistema productivo pesquero en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa	39
7.1.1	Estudio de aceptación de la propuesta en la población de pescadores	39
7.1.2	Estimación de residuos pesqueros en áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa	46
7.2	Caracterización bromatológica y microbiológica a las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa	47
7.2.1	Análisis proximal	47
7.2.2	Análisis microbiológicos	50
7.3	Producción de harina de vísceras de pescado	52
7.4	Determinación del valor nutricional y los parámetros microbiológicos de la harina de vísceras de pescado	52
7.4.1	Análisis proximal	53
7.4.2	Minerales	53

XIV Aprovechamiento de residuos pesqueros generados en la Ciénaga de Zapatosa  
para la producción de harina de vísceras de pescado

---

7.4.3	Perfil de aminoácidos	55
7.4.4	Perfil de ácidos grasos	57
7.4.5	Metales pesados	58
7.4.6	Evaluación fisicoquímica o de vida útil	59
7.4.6.1	Índice de acidez	59
7.4.6.2	Índice de rancidez	60
7.4.6.3	Análisis de Bases Nitrogenadas Volátiles Totales	61
7.4.7	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	61
7.4.8	Análisis microbiológicos	62
7.5	Evaluación <i>in vivo</i> de la asimilación de la harina de vísceras de pescado elaborada en pollos de engorde	63
7.5.1	Pruebas rendimiento productivo	63
7.5.2	Rendimiento de la canal	65
7.5.3	Test hedónico	66
7.6	Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros	67
8	Conclusiones	69
	Bibliografía	72

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1: Ubicación geográfica de la Ciénaga de Zapatosa	14
Figura 2: Estudio socioeconómico realizado en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa	26
Figura 3: Acondicionamiento de las muestras para análisis	28
Figura 4: Proceso de obtención de harina de vísceras de pecado	31
Figura 5: Galpones para las aves de engorde con 25 unidades por tratamiento	35
Figura 6: Evaluación de ganancia de peso de las aves de engorde en diferentes semanas del proceso productivo	36
Figura 7: Protocolo para el sacrificio de aves	37
Figura 8: Edad de pescadores encuestados de los pescadores de la Ciénaga de Zapatosa	39
Figura 9: Estado civil de los pescadores de la Ciénaga de Zapatosa	41
Figura 10: Nivel de escolaridad de los pescadores de la Ciénaga de Zapatosa	42
Figura 11: Disponibilidad de servicios públicos en la población pesquera de la Ciénaga de Zapatosa	43
Figura 12: Harina de vísceras de pescado elaborada a escala agroindustrial	52
Figura 13: Minerales presentes en la harina de vísceras elaborada	55
Figura 14: Rendimiento en canal de las aves de engorde	66
Figura 15: Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros con comunidades pesqueras	68
Figura 16. Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros con comunidades Estudiantiles	68

## Lista de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales	16
Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde	35
Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa	45
Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa	46
Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa	48
Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces	49
Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa	50
Tabla 8: Límites permisibles en recuentos microbiológicos en alimentos para especies avícolas y piscícolas	51
Tabla 9: Composición nutricional de la harina de vísceras de pescado elaborada	53
Tabla 10: Perfil de Aminoácidos de la harina de vísceras de pescado elaborada	56
Tabla 11: Referencia de contenido de aminoácidos en Merluza y Bacalao	56
Tabla 12: Perfil de Ácidos grasos de la harina de vísceras de pescado elaborada	57
Tabla 13: Análisis fisicoquímico o de vida útil de la harina de vísceras de pescado elaborada	59
Tabla 14: Digestibilidad <i>In vitro</i> de la materia seca para la harina de vísceras de pescado elaborada	62
Tabla 15: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa	62

Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales

16

Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde

35

Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa

45

Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa

46

Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

48

Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces

49

Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies

---

harina de vísceras de pescado como fuente proteica	64
Tabla 17: Rendimiento en canal de las aves de engorde alimentadas con harina de vísceras de pescado como fuente proteica	66
Tabla 18. Resultados test hedónico – Evaluación organoléptica de la carne de las aves de engorde alimentadas con harina de vísceras de pescado como fuente proteica	67

Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales

16

Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde

35

Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa

45

Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa

46

Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

48

Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces

49

Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies

---

## Introducción

La pesca constituye una de las principales actividades que favorece a la población mundial por ser fuente de alimentación y de ingresos. Para el 2014 la oferta mundial per cápita de pescado alcanzó un nuevo máximo histórico de 20 kg y cerca de 94 millones de toneladas en producción de pesca de captura (FAO, 2016). Para el caso de Colombia, se cuenta con gran diversidad de peces en todas sus cuencas hidrográficas y un consumo per cápita evolutivo de 6,54 kg (AUNAP, 2014).

En la Ciénaga de Zapatosa se presenta una sobreexplotación pesquera por diferentes causas, una de ellas radica en la falta de actividades económicas; la pesca además de ser su mayor fuente de ingresos económicos, es también su principal medio de abastecimiento para consumo (Viloria, 2008), el aumento de la demanda del recurso pesquero acarrea una mayor producción de residuos pesqueros (vísceras, cabezas, escamas) los cuales por ser considerados un material de poco valor comercial se han convertido en un inconveniente a la hora de manipular el pescado debido a la ausencia de tecnologías adecuadas para su aprovechamiento.

Actualmente, los residuos de las industrias pesqueras vienen estudiando con el fin de encontrar un tratamiento adecuado para ellos, de tal forma que su aprovechamiento en la industria permita la reducción de la contaminación del agua y el deterioro ambiental por malas prácticas pesqueras.

Los residuos pesqueros poseen un apreciable valor nutritivo, es por esto que a nivel mundial las vísceras y demás residuos del pescado se han considerado como un recurso óptimo y de gran utilidad en la alimentación animal. (Feltes, Correia, Beirão, Block, Ninow y Spiller, 2010). Una de las aplicaciones más comunes de estos residuos es la elaboración de harinas y aceites para la fabricación de alimentos balanceados en la nutrición animal (aves, rumiantes, porcinos, peces, etc.). Según Zaldívar (2002) “Las harinas de residuos de pescado presentan claras conveniencias si las comparamos con las otras harinas de origen vegetal y animal” (p, 1). Con un alto contenido de proteínas y efectiva digestibilidad de las mismas; rica en aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales

16

Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde

35

Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa

45

Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa

46

Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

48

Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces

49

Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies

---

disponibilidad de material biológico y la alta demanda de alimentos balanceados para abastecer los requerimientos en la producción animal. Se pueden convertir las vísceras de pescado en harina por diferentes métodos, Barragán (2008) reporta : “Inicialmente se emplea calor para coagular las proteínas presentes, rompiendo la cadena de ácidos grasos y separar el agua fisiológicamente; posteriormente con el prensado se elimina una gran parte de los líquidos de la masa; el secado suprime la cantidad adecuada de agua de la materia húmeda y forma la llamada torta prensada con la adición de un concentrado; y la molturación de la materia seca, hasta darle la forma granulada conveniente”.

La presente investigación, busca caracterizar los residuos pesqueros generados en la Ciénaga de Zapatosa y aprovecharlos a través de algunas técnicas agroindustriales. Adicionalmente busca suministrar un valor agregado al convertirlos en harina de vísceras, una materia prima proteica que pueda llegar a ser una potencial fuente de alimentación que cumpla los requerimientos nutricionales de algunas especies animales como los pollos en fase de engorde y a su vez mitigar el impacto ambiental generado por la contaminación de este material biológico.

Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales

16

Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde

35

Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa

45

Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa

46

Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

48

Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces

49

Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies

---

La población de la Ciénaga de Zapatosa se aproxima a los 150.000 habitantes (DANE, 2005) donde son muchas las familias que aprovechan la pesca como su principal actividad económica y hacen de esta labor su fuente de sustento gracias a la variedad de especies ícticas comerciales que se encuentran allí. Según reportan Rangel, Jaramillo, Parra, Carvajal, Moreno, Avella y Cortes (2012) son muchos los estudios y encuestas realizadas por entidades para determinar la cantidad de pescadores de la Ciénaga, pero el número exacto de personas directamente involucradas en la pesca artesanal de la ciénaga es incierto. Por otro lado Galvis, Gutiérrez y López (2007) afirman que el 80% de los pescadores desconocen con exactitud el total de la población pesquera, pero Según Vilorio (2008) la concentración de pescadores en esta zona oscila entre 8.000 y 9.000.

Según el Sistema de Información del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano – SEPEC, para los meses de junio a noviembre del 2018 el volumen de desembarco de la Ciénaga de Zapatosa en sus principales puertos fue de 168,4 T de peces, mientras que para el año 2017 fue de 514,7 T; éste volumen presenta variaciones de acuerdo a las transiciones climáticas, Galvis *et al.* (2007) manifiestan que los peces migratorios que en periodo de sequía abandonan la ciénaga y remontan a los ríos (subienda), retornan a la ciénaga con sus gónadas maduras cuando inicia el periodo de lluvias (bajanza), lo cual indica que la producción pesquera aumenta en temporada lluviosa y disminuye para la época de sequía.

El mercadeo de los peces en esta zona es de tipo informal, puesto que los pescadores no cuentan con un espacio propicio para las actividades de manipulación, transformación, almacenamiento y comercialización del producto. El primer canal de comercialización del pescado para algunos pescadores son las orillas de la ciénaga; Castellanos, Fúquene, Fonseca, Ramírez, Giraldo y Valencia en (2011), retomaron información recogida por la ADEL Zapatosa, “en la cual se indagó sobre los canales de comercialización que han usado los productores piscícolas para distribuir sus productos, encontrando que el canal más empleado es la venta puerta a puerta, con un 57,14%, seguido por la distribución tienda a tienda y la autoventa”.

Para la comercialización de los peces capturados se debe realizar un eviscerado, este proceso genera importantes desechos orgánicos (espinas, agallas, escamas y vísceras), sobre todo para el caso de las especies más importantes comercialmente reportadas por Solarte (2012), como lo son: (*Prochilodus magdalenae*), Bagre Rayado (*Pseudoplatystoma*

Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales

16

Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde

35

Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa

45

Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa

46

Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

48

Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces

49

Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies

---

Nicuro ó Barbul (*Pimelodus blochii*), Pacora (*Plagioscion surinamensis*), Mojarra amarilla (*Caquetaia krausii*), Pincho (*Cyphocharax magdalenae*) y finalmente la Arenca (*Triportheus magdalenae*). Teniendo en cuenta que el cuadro estadístico pesquero del Cesar (INCODER, 2007) reporta un contenido visceral aproximado de estas especies entre el 10 y 13% con respecto a su peso, se estimarían cerca de 150 T de vísceras en periodos de lluvia y sequía durante un año según las cifras de pesca reportadas inicialmente.

La ausencia de un establecimiento oficial para las actividades de comercialización pesquera en la Ciénaga de Zapatosa, contribuye a que los residuos provenientes del faenado de peces no se manejen adecuadamente y no sean aprovechados, generalmente son vertidos en el punto de venta (orillas de ríos y ciénagas) o en el mismo lugar de captura, sin ningún tipo de tratamiento. Como todo material orgánico, estos desechos enfrentan un proceso de descomposición que impacta negativamente el ecosistema, según Martínez (2003) los principales problemas contaminantes pueden ser: “generación de malos olores, producción de metabolitos, toxinas dañinas para la población cercana, proliferación de vectores, microorganismos patógenos, polución de fuentes hídricas y problemas estéticos”.

El cuerpo de agua de la Ciénaga de Zapatosa, puede verse alterado a causa de la considerable cantidad de residuos pesqueros depositados en ella, afectando la calidad del agua. La presencia de esta materia orgánica en el agua afecta negativamente las condiciones ambientales del ecosistema, desarrolla microorganismos patógenos, aumento de la carga orgánica, provoca eutrofización que disminuye el oxígeno disponible (Orjuela, 2001).

Con el fin de aprovechar el material visceral de la especies ícticas disponibles en grandes cantidades y poder mitigar los índices de contaminación por estos desechos, surge la idea de utilizarlos como una fuente para alimentación animal, ya que el aporte nutricional contenido en dichas vísceras es importante porque permite generar otra alternativa productiva y de alimentación para la población creciente de la zona.

Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales

16

Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde

35

Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa

45

Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa

46

Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

48

Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces

49

Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies

---

## 2. Justificación

La producción pesquera en los últimos años se ha visto impactada por una sobreexplotación y el crecimiento demográfico en las poblaciones aledañas a la Ciénaga de Zapatosa conlleva a que sean muchas personas las que hagan de la pesca una actividad de autoconsumo y el sustento económico del núcleo familiar; por tal razón se produce un gran volumen de residuos pesqueros en la región. (Viloria, 2008). Analizando la problemática planteada, se dispone de una considerable cantidad de desechos frescos de pescado, estos desechos están considerados como un alimento de óptima calidad en alimentación animal, por su alto valor proteico (base seca) buen perfil de aminoácidos esenciales y ácidos grasos de cadenas largas (Llanes, Toledo y Lazo de la Vega, 2000).

Los residuos pesqueros poseen ventajas económicas, biológicas y una serie de metodologías planteadas para su transformación y aprovechamiento, sin ignorar que el manejo de estos “desechos” apunta a un descenso de la contaminación en agua y suelos, es por eso que posterior a la captura de los peces sus vísceras son removidas y desechadas inmediatamente, ya que inician en ellas signos de deterioro y se producen una serie de compuestos volátiles de olor desagradable, como la trimetilamina (FAO, 2012).

Ante la ausencia de un establecimiento propicio para el manejo y aprovechamiento de residuos pesqueros *in situ*, las características de la Ciénaga de Zapatosa hacen de ella un lugar apropiado para la implementación de un proyecto que pretenda la transformación de las vísceras de pescado en una opción para la alimentación animal como lo es la harina de vísceras de pescado, rica en ácidos grasos polinsaturados, también en aminoácidos esenciales y con una buena fuente de minerales, sin ignorar que cuenta con una digestibilidad de 87% (García, Villarreal y Fenucci, 2007). Dependiendo de los hábitos alimenticios, algunos animales necesitan consumir materia orgánica tales como plantas, otros animales o alimentos ya preparados que contengan material orgánico animal y/o vegetal. Por lo tanto, es muy importante asegurar los alimentos necesarios, tanto en términos de calidad como de cantidad (FAO, 2002).

Los pescadores, no asumen los costos asociados al manejo adecuado de las vísceras resultantes del proceso de comercialización del pescado en la Ciénaga de Zapatosa, por lo tanto estos desechos quedan a disposición para ser aprovechados y transformados en

Tabla 1: Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales

16

Tabla 2: Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde

35

Tabla 3: Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa

45

Tabla 4: Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa

46

Tabla 5: Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

48

Tabla 6: Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces

49

Tabla 7: Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies

---

producción animal (siendo este uno de los factores más elevados); es por eso que se considera que con la implementación de la harina de vísceras de pescado en la formulación de dietas alimenticias, los ganaderos de la región se beneficiarían.

Otra razón importante para realizar ésta investigación gira entorno a las familias dedicadas a las actividades pesqueras, ya que con la transformación de las vísceras de pescado en harina pueden desarrollar labores adicionales que apunten a la generación de empleos directos e indirectos en campos diferentes a los tradicionales como son: pesca, agricultura, ganadería, comercio, entre otras (Viloria, 2008), mejorando así las condiciones de vida de los pescadores quienes consideran que para mejorar la pesca se debe tener un mayor control en las redes y crear alternativas de trabajo en tierra que les permita cambiar de oficio y no depender de la ciénaga (Rangel *et al.* 2012) son los propios pescadores quienes razonan acerca de la sobreexplotación pesquera y la falta de actividades económicas alternantes.

Teniendo en cuenta que hoy en día la tendencia de aprovechamiento de los residuos provenientes de industrias pesqueras ha tomado gran participación en diferentes estudios, se ha verificado que el uso de estas harinas en alimentación animal resulta una alternativa muy factible como fuente proteica. Por todos los aspectos anteriormente mencionados, se propone la obtención de harina de vísceras de pescado como alternativa de manejo a los desechos de las especies ícticas objeto de comercialización en la Ciénaga de Zapatosa, teniendo en cuenta todo el aporte nutricional de esta materia prima, se considera aprovechable en la fabricación de piensos. (Berenz, 2002) (Van Den Berg y Bruin, 1991).

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo general**

Aprovechar los residuos pesqueros generados en la Ciénaga de Zapatosa - Cesar en la producción de harina de vísceras de pescado para uso en alimentación animal

### **3.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar el sistema productivo pesquero en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa.
- Realizar una caracterización bromatológica y microbiológica de las vísceras de las principales especies ícticas de la ciénaga.
- Producir a escala agroindustrial una harina de vísceras de pescado, que pueda ser utilizada para la alimentación animal.
- Determinar el valor nutricional y los parámetros microbiológicos de la harina de vísceras de pescado elaborada.
- Evaluar la asimilación de la harina de vísceras de pescado elaborada mediante pruebas de rendimiento productivo *in vivo* en pollos de engorde.
- Socializar ante las comunidades pesqueras de la Ciénaga de Zapatosa la posibilidad de producir harina de vísceras de pescado como actividad económica alternante a la pesca.



## **4. Hipótesis**

La harina de vísceras de pescado producto de las actividades pesqueras de la Ciénaga de Zapatos, podrá ser utilizada como un insumo nutricional base para la formulación de dietas alimenticias en algunas especies animales; garantizando calidad, un considerable aporte proteico y alta digestibilidad.



## **5. Revisión bibliográfica**

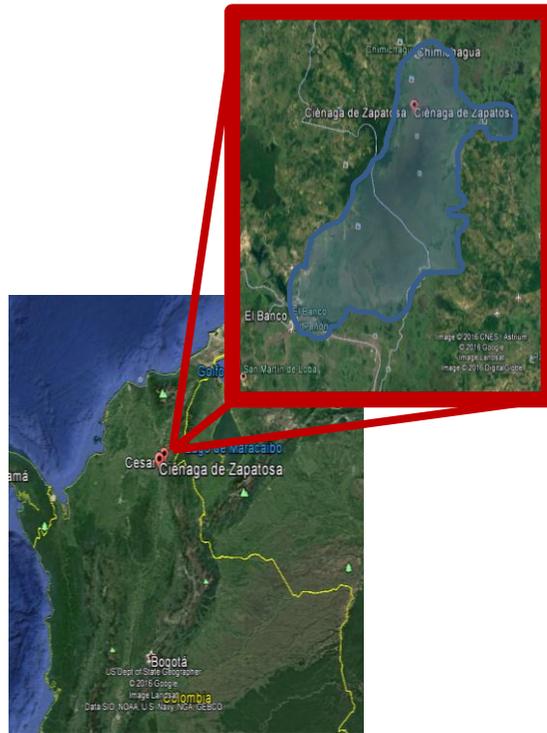
### **5.1 Generalidades de la Ciénaga de Zapatos**

El Caribe colombiano tiene una participación del 30% del total de los humedales del país, dentro de ellos los más destacados son los de la depresión Momposina (Roldán y Ramírez, 2008) donde se encuentra “el complejo cenagoso Zapatos, el cual que está formado por el paso del río Cesar y este a su vez se conecta con el río Magdalena” (Ortiz, Batista, Moreno y Sánchez, 2015). A este complejo pertenece la ciénaga de Zapatos, que se encuentra dividida entre los departamentos del Cesar y Magdalena, está constituida por los municipios de Chiriguaná, Chimichagua, Tamalameque y Curumaní por el lado del departamento del Cesar, y El Banco en lo que respecta al departamento del Magdalena. (Figura 1).

Rangel y colaboradores (2007) estudiaron la batimetría de la Ciénaga de Zapatos afirmando que:

La Ciénaga de Zapatos es el principal cuerpo de agua de la ecoregión, ésta presenta una extensión media de 36.000 Ha, con incrementos hasta de 14.500 Ha en época de máxima inundación, una profundidad promedio de 3 metros con fondo fangoso y algunos bancos de cascajo. Presenta numerosas islas, entre las cuales se destacan Barrancones, Isla Grande, Las Negritas, Palomino y Punta Piedra (p, 23).

Inicialmente el área que abarca la Ciénaga de Zapatos fue bañada por aguas provenientes del mar, pero después fue nivelada con sedimentos durante la época del Mioceno y en época de lluvia la ciénaga funciona como zona de amortiguamiento y control de inundaciones; por otro lado, el área montañosa aledaña hace parte del costado occidental de la serranía de Perijá (IGAC, 1986).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la Ciénaga de Zapatosa.

Fuente: Imagen tomada y adaptada de Google-Earth. Octubre de 2016.

### **5.1.1 Clima e hidrología**

En la Ciénaga de Zapatosa sus unidades climáticas oscilan montos de precipitación entre los 1000 y 2600 mm (Solarte, 2012). El régimen de la distribución de lluvias es bimodal tetraestacional. Hay un período lluvioso que va desde abril hasta mayo, el siguiente desde septiembre hasta noviembre en la mayoría de casos, siendo octubre el mes más lluvioso.

Las aguas de la Ciénaga de Zapatosa aumentan su caudal desde septiembre, con el segundo periodo de lluvias, hasta llegar al caudal más alto del año en octubre, ya para los dos primeros meses del año el caudal disminuye, convirtiéndose en los más bajos del año. “Los dos afluentes que intervienen en la ciénaga son los ríos Cesar y Magdalena. El caudal del río Magdalena es muy alto en comparación con el del río Cesar” (Ortiz et al, 2015).

### 5.1.2 Limnología

Según Solarte 2012 en la Ciénaga de la Zapatosa se presentan valores bajos a medios de alcalinidad que fluctúan entre 52 y 112 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  con un promedio general de 72 mg/L. La concentración promedio de cloruros en la ciénaga es de 4,1 mg/L Cl, un promedio inferior que se ha estimado de forma general para otras ciénagas pertenecientes al Caribe Colombiano (Álvarez, 2007).

El agua de la ciénaga presenta valores de moderados a altos en la concentración de oxígeno disuelto con un promedio general de 7,45 mg/L, equivalente a valores de saturación del 99%. La temperatura superficial del agua en la ciénaga tiene un promedio de 31,3 °C con algunas variaciones entre épocas climáticas, 29,1 °C en época de invierno y 34,8 °C en verano, El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) disuelto muestra valores bajos en el período seco febrero: 4 mg/L. Los nitratos son la forma de nitrógeno inorgánico menos abundante y se hallan por debajo del límite de detección del método utilizado. (Solarte, 2012).

### 5.1.3 Recursos ícticas

En la ciénaga de Zapatosa se identificaron 51 especies pertenecientes a ocho órdenes y a 24 familias (Galvis *et al.* 2007). El orden Characiformes fue el más diverso, con nueve familias y 19 especies, seguido por Siluriformes, con ocho familias y 15 especies. Comercialmente las especies de peces más importantes la ciénaga se muestra en la tabla 1.

En las pesquerías continentales predominan las redes de enmalle como el arte de pesca más común (72%), en esta categoría de artes se destaca el uso de las redes fijas o atajadas y las de encierro, estas son seguidas de las atarrayas (16 %) que son unidades económicas de pesca menores porque no requieren necesariamente de embarcaciones (SEPEC, 2015). Las artes y los métodos pesqueros continentales en general no han variado sustancialmente y a través de los tiempos siguen siendo los mismos descritos por Arias (1988), pero las modificaciones en cuanto a los diseños, tamaño y tipo de operación si han tenido variaciones en los últimos años, debido a la necesidad de aumentar el volumen de captura.

**Tabla 1.** Especies ícticas mayormente capturadas en la Ciénaga de Zapatosa para fines comerciales. Fuente: Tomada y adaptada de: SEPEC – Servicio Estadístico pesquero Colombiano (2015).

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Nombre común</b>
<b><i>Pimelodidae</i></b>	- <i>Pseudoplatystoma magdaleniatum</i>	Bagre rayado
	- <i>Pimelodus blochii</i>	Nicuro, Picalón, Cuatro líneas
	- <i>Sorubim cuspicaudus</i>	Blanquillo
<b><i>Cichlidae</i></b>	- <i>Oreochromis niloticus</i>	Mojarra lora, Tilapia
	- <i>Caquetaia kraussii</i>	Mojarra amarilla
<b><i>Prochilodontidae</i></b>	- <i>Prochilodus magdalenae</i>	Bocachico
	- <i>Cyphocharax magdalenae</i>	Pincho, viejita
<b><i>Curimatidae</i></b>	- <i>Curimata mivartii</i>	Vizcaína
<b><i>Anostomidae</i></b>	- <i>Leporinus muyscorum</i>	Comelón
<b><i>Sciaenidae</i></b>	- <i>Plagioscion magdalenae</i>	Pacora
<b><i>Ageneiosidae</i></b>	- <i>Ageneiosus pardalis</i>	Doncella
<b><i>Erythrinidae</i></b>	- <i>Hoplias malabaricus</i>	Quicharo, Moncholo, Dormilón

#### 5.1.4 Amenazas antrópicas en la Ciénaga de Zapatosa

En los últimos años, se ha destacado el incremento de las amenazas antrópicas en la Ciénaga de Zapatosa. La causa de esto se atribuye al pastoreo e introducción del ganado en áreas clave para la reproducción de especies (tortugas, ranas, peces), además actividades que giran en torno a la construcción de muelles, conductos o vías acarrea disminución del espejo de agua, depredación de la fauna nativa por los animales domésticos, cacería intensiva (tortugas, mamíferos), pesca excesiva, perturbación de hábitats naturales para la fauna (aves), deficiente calidad de agua para el consumo humano (coliformes, enterococos y otras bacterias patógenas), cambios en la estructura y composición de la vegetación, cambios en la hidrodinámica (terraplenes, alteración de los flujos del río Magdalena), ingreso de aguas servidas y contaminación de aguas, aumento

de los sólidos transportados, avance del proceso de eutrofización, disminución drástica del oxígeno disuelto en la columna de agua. (Rangel, 2007; Rangel *et al.* 2012).

### **5.1.5 Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa**

Las estadísticas más recientes suministradas por el Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC), arrojan los volúmenes (T) de capturas desembarcadas en los últimos años y parte del 2018 para pesquería de tipo artesanal en las zonas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa, como lo son los cinco municipios que la comprenden, Chimichagua, Curumaní, Chiriguaná, Tamalameque y El Banco (Magdalena).

## **5.2 Impacto ambiental de la industria pesquera**

.La extracción pesquera está expuesta a impactos ambientales que conllevan a su deterioro, ya que el aumento de la demanda pesquera acarrea una explotación excesiva de los recursos disponibles, que además de disminuir la abundancia de especies, también ocasiona una contaminación al ecosistema, es por ello que se requieren prácticas pesqueras sostenibles donde se tomen medidas preventivas/correctivas; entre esas medidas prevalece el adecuado uso de los residuos provenientes de la pesca, ya que posee gran cantidad de material orgánico susceptible a descomposición (Orjuela, 2001). Generalmente las consecuencias ambientales por aquellos manejos inadecuados que se le aplican a los residuos pesqueros involucran contaminación de recursos como agua, suelos, aire, entre otros disponibles en el ambiente.

“El Departamento Administrativo del Medio Ambiente y la Corporación para la Investigación Socioeconómica y Tecnológica de Colombia (CINSET)”, han descrito algunas de las manifestaciones que se generan por el impacto ambiental en el sector alimenticio, clasificándolas por sectores, Martínez (2003) (p, 19) las describió en su investigación:

- Sectores de Alta Significancia Ambiental (ASA): En éste se presentan grandes cargas contaminantes que impactan negativamente el ambiente.
- Sectores de Alta Recuperación Potencial (ARP): En éste las operaciones de recuperación y reciclaje de insumos y desechos son interesantes.

- Sectores de Potencial Preliminar Descontaminable (PPD): En donde los procesos no producen impactos fuertemente negativos y en los cuales con prácticas sencillas de manejo ambiental de residuos se pueden considerar procesos ambientalmente limpios.

Teniendo en cuenta que la pesca y su procesamiento produce gran cantidad de desechos orgánicos, que de no ser aprovechados en la producción de nuevos recursos, son vulnerables a cualquier tipo de contaminación ambiental; Martínez (2003), enmarca al sector pesquero de acuerdo a las clasificaciones descritas anteriormente dentro de los Sectores de ASA y a su vez como un sector de ARP, por la naturaleza orgánica de los desechos.

### **5.3 Residuos Pesqueros**

Antiguamente los residuos representaban un inconveniente en las industrias, puesto que eran considerados de bajo valor comercial y además las operaciones de desecho o cualquier otro manejo que se les diera generaban altos costos; pero en las últimas décadas se ha visto cómo ha surgido un óptimo aprovechamiento de subproductos de origen animal debido a impactos económicos, normatividades ambientales y progresos industriales; además para las industrias es sumamente importante disminuir el volumen de desechos y pérdidas resultante de sus procesos de elaboración de productos derivados de pescado (FAO 2012).

El sistema productivo pesquero, tiene una alta demanda por el incremento en el consumo. Adicionalmente las industrias dedicadas a productos fileteados y enlatados de algunas especies pesqueras de interés comercial, generan gran cantidad de residuos de importancia industrial. Es por eso que a nivel mundial se han implementado diferentes técnicas industriales que buscan la conservación y mejora del producto final, en estas técnicas los peces se someten a procesos como salado, semiconservas entre otros donde en cada etapa del proceso se van generando desechos netamente aprovechables, especialmente en alimentación animal (Adeleke y Odedeji, 2010).

Los productos elaborados a base de pescado y demás actividades relacionadas con la pesca y la acuicultura como la manipulación, arreglo, eviscerado y comercialización del pez recién capturado dejan una cantidad importante de residuos, los cuales pueden llegar a constituir cerca del 70% del peso inicial variando de acuerdo con el procesamiento, el tamaño y la especie (Toledo y Llanes, 2006; Galan y Franco, 2010). Es por esto que se hace necesario el uso de tecnologías que permitan el aprovechamiento de esa proteína, minimizando a su vez los efectos de la contaminación ambiental. Algunos estudios afirman que el contenido de residuos de la tilapia nilótica están distribuidos de la siguiente manera: cabeza cerca del 15%, piel y escamas 11%, huesos, cola y aletas representan un 35% y las vísceras un 10%, el 29% restante corresponde al filete de esta especie (Pinheiro *et al.* 2006; Galan y Franco 2010).

### **5.3.1 Utilización de residuos de pescado para alimentación animal**

En los últimos años, los residuos de pescado han adquirido una gran relevancia en lo que respecta a la alimentación animal, estos residuos representan una de las opciones más factibles a nivel nutricional por su importante aporte en proteínas, minerales y energía, además de su eficiencia biológica; por tal motivo este tipo de materia prima se convierte en una de las principales opciones a tener en cuenta a la hora de fabricar piensos destinados a la alimentación animal. Otro factor importante a la hora de emplear estos residuos es que se logran obtener alimentos completos y balanceados, con una disminución de costos.

### **5.3.2 Harina de pescado**

En las dietas diseñadas para animales, es la harina de pescado la fuente proteica escogida por su alto valor nutricional ya que tiene un significativo aporte de proteína (65 a 70%), ácidos grasos polinsaturados y de conformación Omega 3, además es rica en vitaminas D y del complejo B, también en aminoácidos como la lisina, metionina, cisteína y cistina, algunos estudios han demostrado que es altamente digestible, posee minerales como calcio, hierro, selenio y fósforo (Zaldívar, 2002).

Para la elaboración de harinas de pescado, la FAO (2008) plantea trocear el pescado para facilitar el proceso de elaboración, se somete a cocción y luego a prensado, se continua

con el secado en horno artesanal a temperaturas aproximadas entre 70 - 80°C por una hora, posteriormente aumentar la temperatura a 80 - 90°C durante 5 o 6 hasta alcanzar un nivel de humedad en el material de 10 a 18%. Al finalizar el secado se realiza una molienda y se obtiene de esa manera la harina. Se debe tener en cuenta que a mayor humedad en el producto final, menor tiempo de conservación en almacén. Se estima una rendimiento de 24 - 30% aproximadamente sobre la base de la cantidad de residuos iniciales.

### **5.3.3 Harina de vísceras de pescado**

Uno de los principales objetivos de la pesca es la comercialización del recurso capturado, para evitar la descomposición de los mismos se realiza antes de su distribución un faenado, de donde queda a disposición gran material de contenido visceral cuyo principal destino es la producción de harinas para alimentación animal, principalmente aves y cerdos; al igual que la harina de pescado, la harina de vísceras de pescado posee una adecuada composición de proteína, lípidos, vitaminas y minerales.

Según las últimas estimaciones, aproximadamente un 36% de la producción mundial de harina de pescado en el 2010 se obtuvo de residuos pesqueros (FAO, 2012). Las características de calidad de la harina varían en función del manejo, la composición de la materia prima utilizada, del control de la calidad en el proceso y de la protección contra la oxidación con el empleo de antioxidantes (Galán y Franco, 2010).

### **5.3.4 Principales componentes químicos y contenido nutricional de la harina de vísceras de pescado**

Son varios los factores que influyen en la composición química y nutricional de este tipo de harinas; uno de ellos radica en el tipo de especie usada para su obtención, puesto que los pescados presentan variaciones por especie en el contenido de proteínas y minerales (FEDNA, 1998). Por otra parte a nivel químico puede producirse una inestabilidad de la harina, debido al contenido de bases nitrogenadas volátiles, formaciones de peróxidos o cualquier amina biogénica tóxica, enranciamiento u oxidación de las grasas, alteración por mohos o cualquier otro tipo de deterioro si no se somete la harina a condiciones ideales de elaboración, temperatura, ambiente, frescura, almacenamiento y distribución.

Cabello, García, Figuera, Higuera y Vallenilla (2013) en su análisis comparativo de la calidad fisicoquímica de diferentes harinas de pescado reportaron valores promedio de: 2,81% en cloruros de sodio, 6,13 para pH, 5,54% de humedad, 8,80% de grasa, un porcentaje de proteína de 51,93%, contenido de cenizas con 25,46%, bases nitrogenadas volátiles (NBVT): 31,19 mg/100g, y los índices de peróxido: 12,81 meqO/kg. Ellos afirman que las harinas de pescado que fueron comparadas y analizadas se encuentran dentro de los parámetros establecidos y son de calidad fisicoquímica aceptable.

Nutricionalmente la harina de pescado es considerada una materia prima completa por su gran proporción de aminoácidos como lisina y metionina, además de ser una buena fuente proteica, siendo este último componente el más valioso y aprovechable, es rica en ácidos grasos omega-3, ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA).

### **5.3.5 Información microbiológica**

Por su calidad proteica y por su origen de material orgánico, las harinas de pescado tienden a la proliferación de microorganismos patógenos, a causa de factores como humedad o almacenamientos inadecuados, por ello es imprescindible un control sanitario en las harinas de pescado y ejercer control sobre microorganismos causantes del deterioro en este tipo de productos como los aerobios mesófilos, *Shiguella*, *Clostridium*, enterobacterias (*E. Coli*, *Salmonellas*) y *Pseudomonas*.

Son varios los agentes orgánicos usados como bactericidas con la finalidad de descontaminar prevenir y controlar la aparición de bacterias en las harinas de pescado. En este caso es adecuado y recomendable la aplicación de ácidos orgánicos como los ácidos cítrico, láctico, fumárico, propiónico y fórmico, entre otros, por su naturaleza bactericida y antifúngica, además de ser sustancias fácilmente metabolizables (Gómez y Vásquez, 2011).

## **5.4 Estudios con residuos pesqueros**

Morales y Navarro (2013) evaluaron el aceite de vísceras de tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*), provenientes de dos medios de cultivo; uno controlado en el Centro Biotecnológico del Caribe SENA regional Cesar y otro natural de los peces capturados en la ciénaga de Zapatosa, con el fin de encontrar nuevas alterativas para aprovechamiento

de estos residuos generados en las actividades de la piscicultura y de la pesca. Ellos obtuvieron un aceite de vísceras de tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) con un buen rendimiento y con características fisicoquímicas similares al rango reportado en los aceites de pescados, pero con una acidez por encima del parámetro. Además identificaron los ácidos grasos del aceite de vísceras de esta especie por cromatografía de gases. Como etapa final, compararon el aceite teniendo en cuenta los dos medios donde se producen los peces y encontraron que no existen diferencias significativas en ningunas de las variables estudiadas.

Bowzer, Trushenski y Glover (2013) optaron por incrementar la demanda de harina de vísceras de Carpa Asiática del río Illinois para la fabricación de piensos en alimentación acuícola, como una estrategia de manejo para el control de esta especie y poder incentivar la pesca a través de la creación de mercados de alto valor para la Carpa de plata (*Hypophthalmichthys molitrix*) y la Carpa cabezona (*Hypophthalmichthys nobilis*). Con la carpa asiática se puede obtener una harina de pescado con proteína de alto valor, para eso determinaron el contenido nutricional y la estabilidad de la carpa asiática como materia prima para evaluar su idoneidad como fuente de proteínas en los alimentos acuícolas. La carpa asiática en general, resultó ser una rica en ácidos grasos poli-insaturados de cadena larga, pero el análisis de estabilidad oxidativa indicó que los alimentos hechos con harina de carpa asiática necesitan estabilizadores para aumentar la vida útil. En resumen los resultados muestran que la carpa asiática resulta una opción nutricionalmente adecuada en alimentación acuícola si se toman precauciones para estabilizar el producto durante el almacenamiento.

Alejos, Castro y Chirinos (1994) mostraron que se obtiene mejores resultados en la alimentación de cuyes destetados al reemplazar harina de pescado por harina de vísceras de pescado. En una granja de Yauris UNCP - Huancayo, evaluaron durante 70 días a 28 cuyes destetados (14 hembras y 14 machos) con el objeto de determinar el nivel adecuado de harina de vísceras de pescado (vísceras abdominales, aletas, branquias y cola) que permitiera la mejor respuesta animal y el efecto de cocción previa en su preparación.

En una investigación desarrollada por Yazdani (2011) se evaluó experimentalmente la producción de leche y su composición con diferentes niveles de inclusión de harina de pescado en la ración alimentaria de vacas lactantes. Se seleccionaron vacas lecheras con

similares condiciones corporales, igual número de partos y otros parámetros, en un diseño completamente al azar con 4 raciones. Los niveles de harina de pescado utilizados fueron 0, 1, 2 y 3% (sobre la base de materia seca). Las medias de producción diaria de leche fueron respectivamente de 21,30, 22,50, 22,48 y 23,12 kg/día para todas las dietas las cuales mostraron mejores resultados que los grupos de control. El porcentaje de grasa y el contenido de grasa de la leche no se vieron afectados por la composición de las dietas, lo que les permitió concluir que la inclusión de harina de pescado en las raciones alimentarias de las vacas lecheras fue beneficiosa.

Castillo, Espinoza y Viana (2016) mediante una simulación *in vitro* del proceso de la digestión del atún de aleta azul del Pacífico, (*Thunnus orientalis*), compararon un hidrolizado de harina de subproductos de pescado (FM) y otro de harina de subproductos de aves de corral (PBM). Para el experimento se emplearon dos gramos de proteína cruda de cada alimento, se hidrolizó por triplicado durante 60 minutos usando la pepsina, seguido de una hidrólisis alcalina por 180 min usando un extracto crudo de páncreas. Se recogieron alícuotas durante la hidrólisis alcalina (0, 30, 60, 120 y 180 min) y se estimó la digestibilidad de la proteína; con las alícuotas recogidas en 0 y 180 min de incubación, y por último se analizó la composición de aminoácidos. La digestibilidad de la proteína para FM fue mayor ( $p < 0,01$ ) en comparación con PBM.



## **6. Materiales y métodos**

### **6.1 Localización geográfica y área de estudio.**

La ciénaga de Zapatosa (Figura 1), se localiza en el norte de Colombia en territorio de los departamentos de Cesar y Magdalena, está dividida entre los municipios de El Banco (Magdalena), Tamalameque, Chimichagua, Curumaní y Chiriguaná (Cesar). Se ubica según el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, densificación en Colombia del Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas) entre los 9° 0' y 9° 18' de latitud Norte y los 73° 40' a 73° 56' de longitud Oeste. Una temperatura promedio anual de 30°C, humedad relativa de 70% y las precipitaciones oscilan entre 1200 - 1800 mm. Se encuentra a 42 m.s.n.m. (IDEAM, 2012).

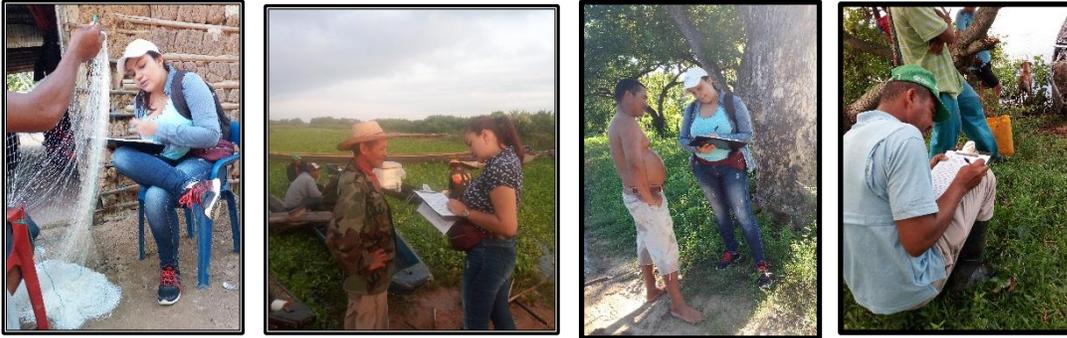
### **6.2 Caracterización del sistema productivo pesquero en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa**

#### **6.2.1 Estudio de aceptación de la propuesta en la población de pescadores**

Se desarrolló un estudio socioeconómico (Figura 2) basado en un trabajo intensivo y directo con las comunidades pesqueras en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa, inicialmente se diseñó un modelo de encuestas con la finalidad de recolectar la información necesaria sobre la situación socioeconómica de la población, su participación pesquera, las posibles limitantes y a su vez se buscó conocer el interés y aprobación del proyecto por parte de los pescadores.

Mediante una ecuación de tamaño de muestra, para encuestar fueron escogidos representativamente 680 pescadores distribuidos entre los diferentes municipios que

rodean la ciénaga (Chimichagua, Curumaní, Tamalameque, Chiriguaná y el Banco), las encuestas fueron realizadas en los puertos de desembarcos pesqueros, en los puntos de comercialización del pescado y en los principales sectores donde residen los pescadores, finalmente la información recogida en las encuestas se consolidó en hojas de cálculo.



**Figura 2.** Estudio socioeconómico realizado en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa

## **6.2.2 Estimación de residuos pesqueros en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa**

En el desarrollo del presente trabajo, surgió la necesidad de generar un balance actualizado del volumen de residuos provenientes de la captura de especies ícticas en la Ciénaga de Zapatosa. Para esto se realizó un seguimiento en los principales puertos de desembarco de la zona a través de un muestreo simple aleatorio (Cochran, 1971). Se emplearon datos estadísticos del volumen de desembarco publicados en el sistema de información del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC), información suministrada por los pescadores, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) Seccional Cesar y la Secretaria de Agricultura del Departamento del Cesar.

## **6.2.3 Procesamiento de datos**

Los datos obtenidos durante el trabajo de campo en los muestreos y encuestas planteados en los ítems 6.2.1 y 6.2.2 fueron analizados y procesados mediante el uso de herramientas estadísticas con el apoyo de tablas de datos (Microsoft Excel).

## 6.2.4 Análisis estadístico

Los datos fueron analizados usando Statistical Analysis Software (SAS, 1994) versión 9,4 donde se implementó un análisis multivariado: análisis de correspondencia múltiple, clústeres y correlaciones (SAS, 1994). Con estos análisis se procesaron las encuestas y los datos recolectados en la estimación del volumen de desembarco pesquero y en el estudio de aceptación de la propuesta mediante tablas de contingencia.

## 6.3 Material biológico

### 6.3.1 Muestreo

Durante el desarrollo de esta investigación se tuvieron en cuenta cinco puntos estratégicos de la Ciénaga de Zapatos (Chimichagua, Chiriguaná, Tamalameque, Curumaní y El Banco para adquirir las vísceras procedentes del faenado de las principales especies ícticas capturadas: Bocachico (*Prochilodus magdalenae*), Pácora (*Plagioscion surinamensis*), Mojarra (*Caquetaia kraussii*), Pincho (*Cyphocharax magdalenae*), Bagre (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) y Arenca (*Triportheus magdalenae*).

Las muestras recogidas fueron empacadas por especies en bolsas plásticas con cierre hermético y debidamente rotuladas para su caracterización. Posteriormente fueron transportadas en cavas de icopor con abundante hielo para mantener la cadena de frío hasta el lugar de análisis y procesamiento.

### 6.3.2 Acondicionamiento de las muestras

Las vísceras de pescado recolectadas se sometieron a un proceso manual de troceado para disminuir el tamaño de las mismas, posteriormente fueron distribuidas en bandejas de aluminio rotuladas con la respectiva identificación por especie.

Las bandejas de aluminio fueron llevadas a una estufa de secado marca Thermo Scientific™ Precision™ Model 658 Oven, con control de temperatura y circulación de aire forzado a 50 °C durante un periodo que osciló entre 7 – 8 horas aproximadamente. Después del secado las vísceras se sometieron a una reducción del tamaño en un molino universal para molienda fina marca IKA modelo MF 10 diseñado para funcionar entre 3.500 y 4.500 rpm. (Figura 3)



**Figura 3.** Acondicionamiento de las muestras para análisis

Finalmente las vísceras quedaron convertidas en un material de consistencia pastosa por su contenido de grasa, las cuales fueron empacadas nuevamente en bolsas plásticas con cierre hermético y debidamente referenciadas por especies para proceder con los análisis químicos.

## **6.4 Caracterización bromatológica y microbiológica de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa**

### **6.4.1 Análisis proximal**

Se desarrolló de acuerdo a los métodos gravimétricos descritos por la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) (2005).

Se determinó la materia seca de la muestra en horno de secado a 105°C durante un periodo de 24 horas (AOAC - 934.01, 2005), para determinar el contenido de nitrógeno proteico se empleó la metodología Kjeldahl utilizando el factor de 6,25; (AOAC - 976.05, 2005), la determinación de extracto etéreo se desarrolló por el método de Soxhlet utilizando éter de petróleo como solvente a 190°C/5-6 horas. (AOAC - 920.34, 2005), el porcentaje de cenizas fue calculado por incineración en mufla a 550°C (AOAC - 942.05, 2005), la fibra cruda según el método estandarizado (AOAC - 962,09, 2005), y la cuantificación del extracto libre de nitrogenado (ELN) por diferencia.

## 6.4.2 Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos realizados en las muestras fueron: Aerobios mesófilos UFC g<sup>-1</sup>, Coliformes totales UFC g<sup>-1</sup>, *Escherichia coli* UFC g<sup>-1</sup>, Esporas *Clostridium* Sulfito Reductor UFC g<sup>-1</sup>, *Salmonella* en 25g, *Estafilococo* coagulasa positiva UFC g<sup>-1</sup>, Recuento de mohos y levaduras UFC g<sup>-1</sup>. Estos análisis se desarrollaron de acuerdo con las directivas técnicas de alimentos para animales y sales mineralizadas (ICA, 2014).

## 6.4.3 Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados usando Statistical Analysis Software (SAS, 1994) versión 9,4 donde se implementó un Diseño Completamente al Azar (CAA) para la caracterización y análisis químico de las vísceras de pescado por especie con seis tratamientos y tres repeticiones. La comparación de promedios obtenidos entre las especies ícticas se realizó con el procedimiento Duncan (Duncan, 1986) y se aceptaron diferencias significativas del 5% de probabilidad. Las variables de respuesta están conformadas por los análisis microbiológicos y los análisis bromatológicos.

## 6.5 Producción de harina de vísceras de pescado a escala agroindustrial

Para obtener la harina de vísceras de pescado, se desarrolló el procedimiento planteado por Ortiz (2003). (Figura 4).

### 6.5.1 Recepción y adecuación

Las vísceras fueron recibidas en cavas de icopor con hielo e inspeccionadas en el laboratorio de procesos, no presentaron señales de descomposición debido a la preservación en frío durante el transporte, posteriormente se sometieron a un proceso de troceado para disminuir su tamaño.

### 6.5.2 Cocción

Para poder coagular las proteínas y liberar las grasas presentes en las vísceras, éstas se sometieron durante 30 minutos a un proceso térmico con vapor en un rango de temperatura que osciló entre 95 y 100 °C en una marmita.

### **6.5.3 Prensado**

Una vez cocida toda la materia prima, se realizó el prensado de la masa para extraer el licor de prensa, Para esto se utilizó una prensa manual (que permitió separar el agua de cola y el aceite presente en las vísceras); obteniendo como producto final la torta de prensado.

### **6.5.4 Decantación**

Al licor de prensa obtenido se le realizó un tratamiento que posibilitó la separación de sus componentes (agua, aceite, sólidos insolubles y solubles), mediante el uso de una centrifuga a 2.500 rpm. El agua de cola resultante de la centrifugación se sometió a calentamiento para evaporar el líquido y concentrar los sólidos presentes.

### **6.5.5 Secado**

En esta etapa del proceso, los sólidos recuperados en los procesos de decantación y evaporación junto con la torta de prensa se llevaron en bandejas de aluminio a una estufa de secado marca Thermo Scientific™ Precision™ Model 658 Oven, con control de temperatura y circulación de aire forzado a una temperatura constante de 48°C por un periodo oscilante entre 15 y 20 horas.

### **6.5.6 Enfriamiento**

Posterior al secado, las vísceras se dejaron en reposo para continuar con el proceso de molienda, esta operación se realizó a temperatura ambiente, aproximadamente entre 25 y 30 °C por 2 horas.

### **6.5.7 Molienda**

Para obtener la harina de vísceras de pescado, los residuos del secado se pasaron por un molino universal para molienda fina marca IKA model MF 10 con revoluciones entre 5.500 y 6.000 rpm y posteriormente se tamizó en malla Mesh N° 40 para disminuir el tamaño de la partícula, hasta obtener un polvo fino y homogéneo de tal forma que pudiera mezclarse fácilmente con otros ingredientes para establecer una dieta alimenticia homogénea y balanceada.



### **6.5.9 Almacenamiento**

Finalmente, la harina elaborada, se almacenó en sacos bajo condiciones ambientales controladas y temperatura inferior a 35°C para preservar su estabilidad y control de la humedad para evitar la proliferación de hongos.

## **6.6 Determinación del valor nutricional y los parámetros microbiológicos de la harina de vísceras de pescado**

### **6.6.1 Análisis proximal**

El análisis proximal de la harina de vísceras de pescado se llevó a cabo de acuerdo a los métodos descritos en el numeral 6.4.1.

### **6.6.2 Minerales**

La determinación de fósforo se realizó a partir del residuo de cenizas mediante espectrofotometría de absorción atómica (AOAC - 965.17, 2005). La determinación de hierro y el calcio se hizo a partir del residuo de cenizas por espectrofotometría de absorción atómica (AOAC - 968.08, 2005).

### **6.6.3 Perfil de aminoácidos**

Se determinó el contenido de aminoácidos presente en la harina de vísceras de pescado elaborada mediante cromatografía líquida de alta resolución. Esta metodología se desarrolló con un equipo HPLC Agilent 1100 series con detector UV/VIS, según la metodología planteada por Gorostegui *et al.* (2012).

### **6.6.4 Perfil de ácidos grasos**

La determinación del perfil de ácidos grasos (AG) de la harina de vísceras se desarrolló a través de la técnica de cromatografía de gases, haciendo una extracción de lípidos en solución cloroformo:metanol 2:1 según los métodos descritos por American Oil Chemists' Society - AOCS (2009) (Folch *et al.* 1957).

### **6.6.5 Metales pesados**

La determinación de Hg, Pb y Cd en la harina de vísceras se desarrolló por espectrofotometría de absorción atómica con un espectrofotómetro de flama (Unicam Thermo Elemental Solar S4). (Núñez *et al.* 2008).

### **6.6.6 Evaluación fisicoquímica o de vida útil**

La vida útil de la harina elaborada se evaluó a los 5 y a los 30 días de almacenamiento y se realizaron las siguientes pruebas: índice de acidez, índice de rancidez y bases nitrogenadas volátiles totales – BNVT.

#### **6.6.6.1 Índice de acidez**

El índice de acidez se calculó para poder determinar el estado de conservación de la harina y se hizo con base en los ácidos grasos libres en la muestra (A.O.A.C 962.19) a través del método de titulación y se expresó como porcentaje de masa.

#### **6.6.6.2 Índice de rancidez (peróxidos, ácido tiobarbiturico y valor de anisidina)**

El índice de rancidez se calculó para medir el grado de deterioro de la harina de vísceras de pescado por efectos oxidativos y para eso se determinaron: el índice de peróxidos mediante técnica volumétrica, expresado en mili equivalentes de Oxígeno activo/kg (A.O.A.C 965.33); el ácido tiobarbiturico que expresa el contenido de malonaldehído, (producto secundario de la oxidación de los lípidos) y que se determinó mediante extracción por destilación y cuantificación por espectrofotometría con (TBA) método de prueba por absorbancia a 530 nm y expresado en mg/kg y por último el valor de anisidina (A.O.C.S CD 18 – 90)

#### **6.6.6.3 Bases nitrogenadas volátiles totales – BNVT**

Determinó la frescura de la harina y cuantificó las bases nitrogenadas (amoníaco y otros compuestos nitrogenados básicos volátiles) producidas durante el proceso de almacenamiento (NTC 1322, 2007), se determinó por medio del método de titulación con hidróxido de sodio y expresado en mg/100 g.

### **6.6.7 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca**

Una vez se obtuvo y se caracterizó la harina de vísceras de pescado, se tomaron unas alícuotas de esta, para realizar por triplicado una prueba *in vitro* de digestibilidad enzimática

de la materia seca y así verificar la asimilación de la misma de acuerdo al método de Ruiz *et al.* (2005); se simuló la digestión ocurrida en el estómago y en el intestino delgado, lo cual se realizó mediante el empleo de pepsina y pancreatina.

### **6.6.8 Análisis microbiológicos**

Los análisis microbiológicos se llevaron a cabo de acuerdo a los métodos descritos en el numeral 6.4.2.

### **6.6.9 Análisis estadístico**

Los datos fueron analizados usando Statistical Analysis Software (SAS; 1994) versión 9,4 donde se implementó un Diseño Completamente al Azar (CAA) para la caracterización y análisis químico de la harina de vísceras de pescado, la comparación de promedios obtenidos se realizó con el procedimiento Duncan (Duncan, 1986) y se aceptaron diferencias significativas de 5% de probabilidad. Las variables de respuesta fueron análisis microbiológicos, análisis bromatológicos, energía bruta, minerales, metales pesados, perfil de ácidos grasos, parámetros fisicoquímicos.

## **6.7 Evaluación *in vivo* de la asimilación de la harina de vísceras de pescado elaborada en pollos de engorde.**

### **6.7.1 Evaluación *in vivo* de la harina de vísceras de pescado**

El experimento se desarrolló en galpones diseñados e instalados para este experimento en la ciudad de Valledupar, departamento del Cesar. A los galpones se les realizó una desinfección y fueron adecuados con una cama de cisco de arroz de 15 cm de espesor, con criadoras de bombillo de 100 watts para garantizar una óptima temperatura a los pollos, y con bebederos automáticos y comederos.

Como objeto de estudio fueron empleados 100 pollos de engorde sin sexar (hembras y machos), de 1 día de nacido de la línea Cobb 500, los cuales fueron divididos en 4 grupos de 25 pollos por grupo (Figura 5). La harina de vísceras de pescado elaborada fue empleada en la formulación de la dietas alimenticias de las aves y con base en las tablas brasileñas para aves y cerdos reportadas por Rostagno (2011) durante un periodo de 6 semanas. El alimento fue suministrado conforme a lo recomendado en dichas tablas de consumo para la línea de aves Cobb (Cobb-Vantress, 2015) (Tabla 2).



**Figura 5.** Galpones para las aves de engorde con 25 unidades por tratamiento

A cada grupo de pollos de engorde se le suministró un tratamiento diferente:

T1: Testigo (dieta balanceada a partir de concentrado comercial).

T2: Inclusión proteica de 5% de harina de vísceras de pescado en la formulación de la dieta para pollos de engorde.

T3: Inclusión proteica de 10% de harina de vísceras de pescado en la formulación de la dieta para pollos de engorde.

T3: Inclusión proteica de 15% de harina de vísceras de pescado en la formulación de la dieta para pollos de engorde.

**Tabla 2.** Guía de consumo de alimento recomendada para aves de engorde.

Fuente: Tomada y adaptada de Cobb-Vantress, (2015).

SEM	DIAS							TOTAL SEM	PROMEDIO SEMANAL	TOTAL ACUMULADO
	1	2	3	4	5	6	7			
1	11	14	18	23	28	32	35	161	23	161
2	33	36	40	45	49	52	58	313	45	474
3	63	67	72	77	82	87	92	540	77	1014
4	98	102	108	113	118	123	128	790	113	1804
5	136	140	144	150	153	158	162	1043	149	2847
6	169	173	176	180	184	186	189	1257	180	4104

### 6.7.2 Rendimiento productivo

Para estimar el efecto nutricional de la harina de vísceras de pescado en la alimentación de pollos de engorde, se determinaron parámetros de rendimiento productivo, tales como:

Consumo de Alimento (CA), Ganancia de Peso (GP), Índice de Conversión Alimenticia (ICA) y Mortalidad (MA).

Para determinar los parámetros productivos se inició el pesaje de las aves semanalmente para evitar inconvenientes asociados a politraumatismo y estrés por la manipulación diaria (Figura 6); adicionalmente se registraron los pesos de la cantidad de alimento sobrante para estimar el consumo de alimento.



**Figura 6.** Evaluación de ganancia de peso de las aves de engorde en diferentes semanas del proceso productivo

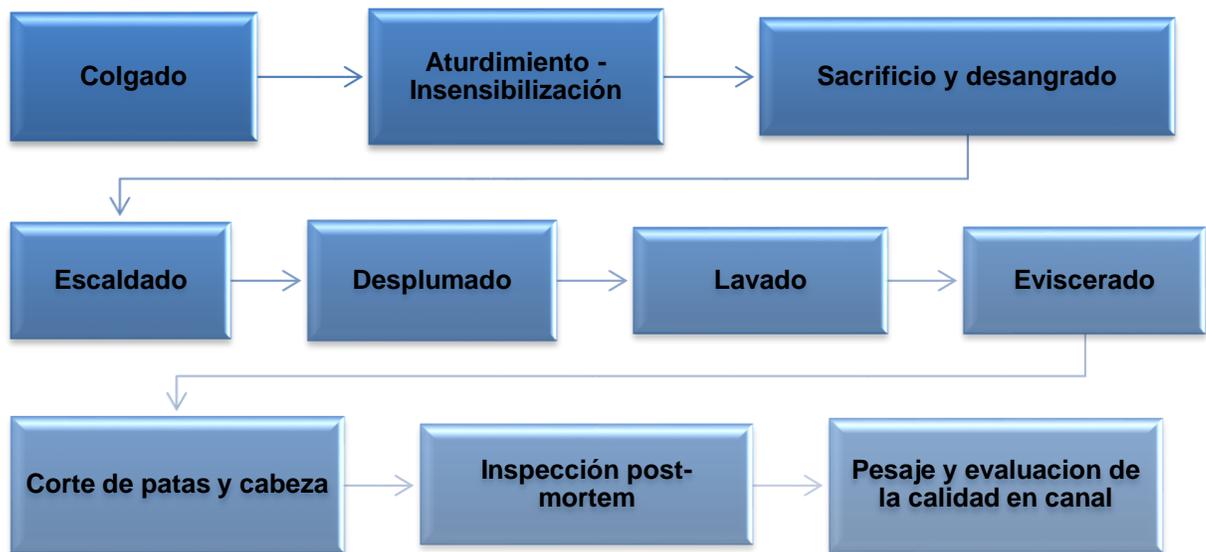
### **6.7.3 Rendimiento de la canal**

#### **6.7.3.1 Peso final vivo**

Una vez finalizada cada fase experimental de las dietas, se determinó en una báscula el peso de un pollo, tomado aleatoriamente por tratamiento.

#### **6.7.3.2 Peso en canal entera**

Se tomó un pollo por tratamiento y se realizó el sacrificio de acuerdo al protocolo mostrado en la figura 7. Este sacrificio fue realizado con las técnicas de buenas normas éticas de manejo basándose en el principio de no maleficencia, según al protocolo descrito por López y Casp (2004).



**Figura 7.** Protocolo para el sacrificio de aves. Fuente: Tomado y adaptado López y Casp (2004).

#### 6.7.4 Test hedónico

Se realizó un análisis sensorial que permitió la identificación, análisis e interpretación de las apreciaciones de los consumidores sobre la carne del pollo, las cuales fueron percibidas a través de los sentidos del gusto, vista y olfato (Stone y Sidel; 2012). Para esto, se realizó una cocción de la carne de pollo de cada tratamiento, y se realizó un test hedónico para valorar el grado de satisfacción a 20 personas adultas de ambos sexos. El test se basó en 4 puntos y varias opciones de respuestas para cada cualidad establecida. La muestra de pollo fue presentada a los degustadores en forma de trozos y aliñados solamente con sal.

#### 6.7.5 Análisis estadístico

Para la evaluación de la harina de vísceras de pescado elaborada en pollos de engorde. Se emplearon 4 tratamientos y 25 repeticiones respectivamente por tratamiento. Las variables de este diseño fueron analizadas a través de un diseño completamente al azar, se evaluaron las variables consumo de alimento, ganancia de peso, índices de conversión alimenticia y mortalidad; con un nivel de confianza del 5% y pruebas de promedio por el método de Duncan (New Duncan's Multiple Range Test). Para identificar el mejor tratamiento adicionalmente se empleó un análisis de regresión para estimar la tendencia

de crecimiento de las aves de engorde, para generar así las respectivas ecuaciones de predicción, con el Statistical Analysis Software (SAS; 1994).

## **6.8 Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros.**

Una vez elaborada y caracterizada la harina de vísceras de pescado, se socializó la metodología y los beneficios del aprovechamiento de residuos pesqueros ante los pescadores de la Ciénaga de Zapatosa. La finalidad de esta socialización fue plantear una actividad económica alterna a la pesca y buscar que su aplicación ayude a incentivar la creación de proyectos de inversión que apunten a nuevas industrias pesqueras en la zona. Adicionalmente también se realizaron socializaciones con grupos académicos de acuicultura para promover la investigación de proyectos en pro del desarrollo de la región.

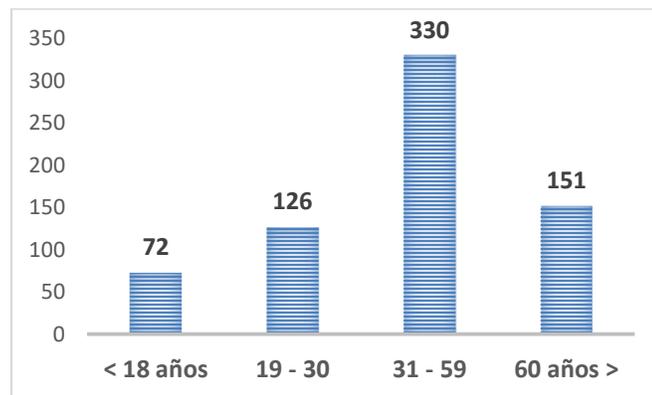
## 7. Resultados y discusión

### 7.1 Caracterización del sistema productivo pesquero en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa

#### 7.1.1 Estudio de aceptación de la propuesta en la población de pescadores.

##### Número y edad de las personas

Se encuestaron 679 pescadores, distribuidos de la siguiente manera: 200 en Chimichagua, 200 en el Banco, 99 en Chiriguaná, 92 en Tamalameque y 88 en Curumaní, se pudo observar que la actividad pesquera esta mayormente representada con un 48,74% por personas con edades entre 31 y 50 años (Figura 8), lo que se puede explicar debido a que son personas que se encuentran en una edad laboralmente más productiva a diferencia de los menores de edad o de los adultos mayores.



**Figura 8.** Edad de los pescadores encuestados en la Ciénaga de Zapatosa.

El segundo grupo que lidera la encuesta, son aquellas personas mayores de 60 años, algunos de ellos superan el límite del rango de edad para trabajar según el DANE. Muy seguido están las personas cuyas edades oscilan entre 19 y 30 años y finalmente un pequeño grupo conformado por el 10,60% está representado por los menores de 18 años, es común ver en estas áreas a niños laborando, debido a que durante su crecimiento suelen acompañar a sus padres a pescar y van apropiándose de esta actividad hasta dedicarse por completo a ella. Es importante tener en cuenta que la participación de menores de 15 años y personas con edades superiores a los 65 años no contribuye al fortalecimiento productivo de las actividades pesqueras en la zona tal como lo reportó Pedrozo, N. (2007) en su estudio socioeconómico a pescadores de la Ciénaga de Zapatosa.

La diferencia entre el número de encuestas realizadas por municipio radica en que en los municipios de El Banco y Chimichagua se cuenta con mayor concentración de pescadores y por ende de asociaciones pesqueras. Adicionalmente estos municipios tienen acceso directo a la Ciénaga de Zapatosa, por el contrario en el caso de Tamalameque y Curumaní para poder acceder a la ciénaga hay que realizar un desplazamiento hacia algunos corregimientos.

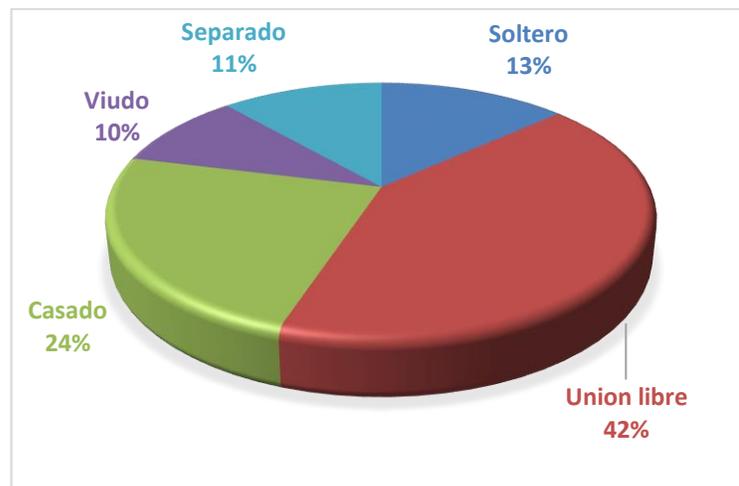
### **Género**

En las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre género, pues la mayor parte de los pescadores está representada por el género masculino en un 67,45% (458 personas). En las encuestas la participación del género femenino la ocupan 221 mujeres, quienes principalmente intervienen en la pesca en el arreglo (evisceración y corte) y comercialización del pescado, pero es el género masculino quien ocupa mayormente la actividad pesquera.

### **Estado Civil**

La información recolectada muestra que la mayor parte de los pescadores conviven bajo unión libre (41,97%) el resto de la población está clasificada como se ve en la Figura 9. La tendencia de parejas en la Ciénaga de Zapatosa está inclinada a la unión libre, lo cual puede ser atribuido a la facilidad de conformar un hogar sin requerimientos legales y/o gastos asociados a ceremonias religiosas. Adicionalmente la idiosincrasia cultural de las poblaciones pesqueras admite relaciones maritales sin formalidades, donde es visto

permisivamente incluso las relaciones extramaritales, siendo esta una de las principales causas de las separaciones ocupando un 11,05% el estado civil separado. El análisis estadístico mostró correlación entre el estado civil soltero con los menores de 18 años, es decir que el 13,40% de la población que reporta estar soltero en su mayoría son menores de edad.



**Figura 9.** Estado civil de los pescadores de la Ciénaga de Zapatosá.

### Personas a cargo

Los pescadores de la ciénaga de Zapatosá generalmente son cabezas de familia y tienen un determinado número de personas a cargo. Las encuestas arrojaron que la mayor parte de ellos responden por 3 y 5 en promedio, este grupo está representado por el 52,28% (355 pescadores). Los que tienen de 0 a 2 personas a su cargo son el 35,94% (244 personas) y aquellos que tienen más de 6 personas bajo su responsabilidad económica ocupan el 11,78% (80 personas) del grupo encuestado. Estadísticamente se correlacionaron estas variables con la edad de los encuestados y se puede observar que tienen alta dependencia, a mayor edad mayor será el número de personas a cargo, lo cual es atribuido a que los pescadores a medida que van aumentando su edad, van conformando su respectivo hogar con una pareja y varios hijos bajo su responsabilidad.

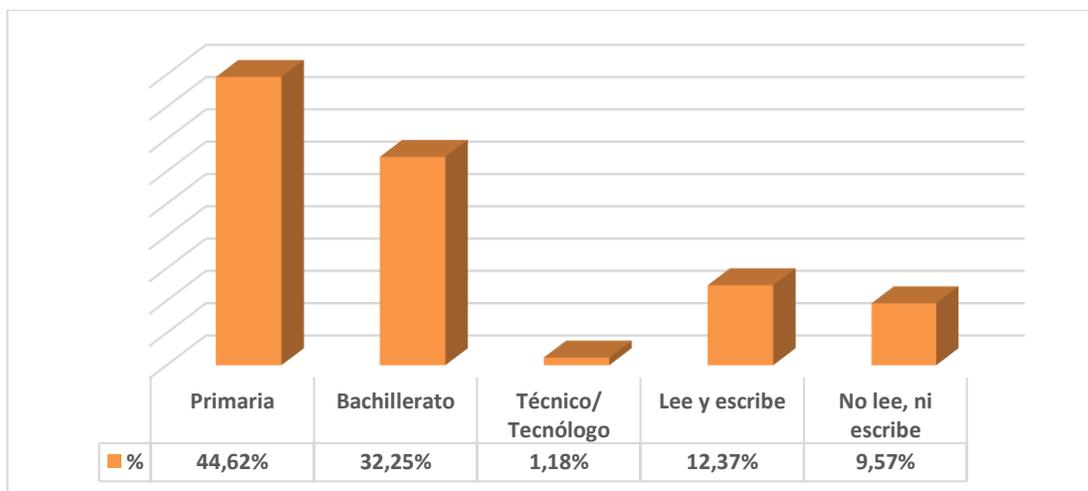
### Tipo de Vivienda

Entre los pescadores encuestados no hay un tipo de vivienda que predomine, el tipo de vivienda donde residen se encuentra distribuida de forma casi equitativa, pues los que viven en vivienda propia corresponden al 35,64% de la población encuestada (242 pescadores),

un 33,43% (227 encuestados) se le atribuye a los pescadores que viven en viviendas arrendadas y aquellos pescadores que viven en viviendas familiares están en el 30,93% restante (210 pescadores).

### Nivel de escolaridad

El nivel de escolaridad que más predominó según las encuestas realizadas, fue la primaria (44,6%) y en segundo lugar el bachillerato con 32,2% (Figura 10). Puesto que la mayoría de los pescadores crecieron dedicándose a la pesca completamente y no consideraron necesario continuar la formación académica, en este grupo entran algunos menores de edad que se encuentran actualmente estudiando.



**Figura 10.** Nivel de escolaridad de los pescadores de la Ciénaga de Zapatosa.

También se reporta que un 12,3% de los pescadores encuestados saben leer y escribir sin haber asistido a escuelas; un grupo de encuestados más pequeño no ha alcanzado la alfabetización, no leen, ni escriben. Se cuenta además con un porcentaje mínimo como lo es el 1,17% (8 pescadores) que han recibido y/o están recibiendo formación como técnico/tecnólogos, es decir que de los 679 pescadores encuestados 530 personas asistieron a instituciones educativas.

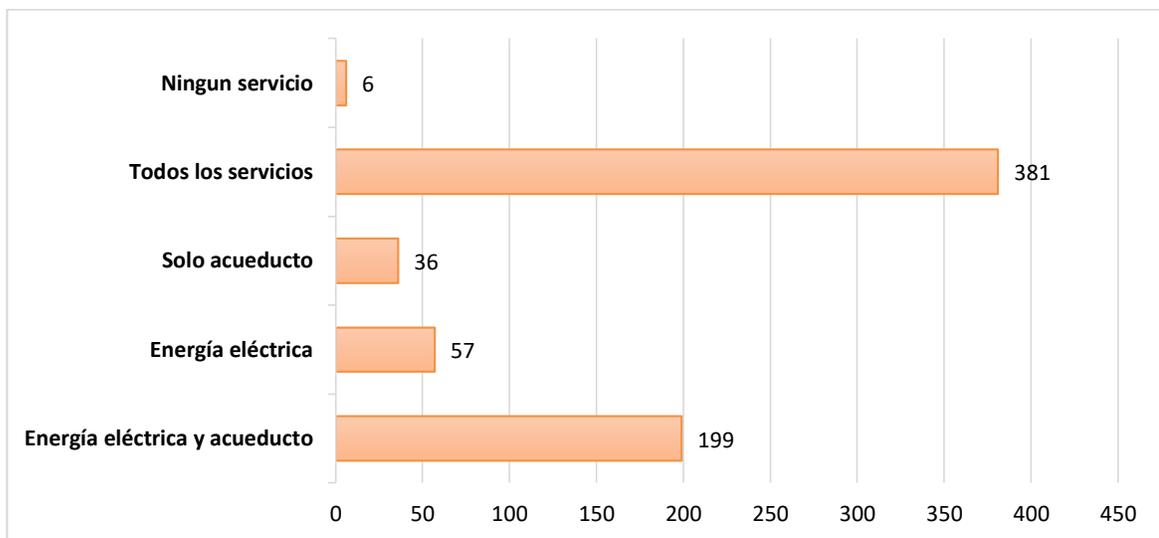
### Régimen de salud

Los resultados de las encuestas dejan bien marcado que el régimen de salud que prevalece entre los pescadores de la ciénaga en un alto porcentaje es el régimen subsidiado con un 93,52%, ya que el estado colombiano en los últimos años a través del

Ministerio de Salud y Protección Social ha promovido mediante el decreto 2353 del 2015 (Minsalud, 2015) la afiliación de muchos pescadores a empresas prestadoras de servicios de salud; por otra parte el régimen contributivo sólo abarca un 3,98% de la población encuestada y corresponde a aquellos pescadores que realizan actividades alternas a la pesca y se encuentran cotizando salud. El 2,5% asevera no estar afiliado a ningún sistema de salud.

### Servicios públicos

La disponibilidad de servicios públicos entre los pescadores de la Ciénaga de Zapatosa encuestados se encuentra distribuida como se aprecia en la Figura 11.



**Figura 11.** Disponibilidad de servicios públicos en la población pesquera de la Ciénaga de Zapatosa.

Una parte minoritaria de los pescadores encuestados habitan en comunidades a la orilla de la ciénaga, lo cual les impide contar con todos los servicios públicos, pero la mayor parte de la población pesquera cuenta con ellos, ya que los municipios de la Ciénaga de Zapatosa y sus respectivos corregimientos, a diferencia de años atrás (Viloria, 2008), ya cuentan con mejor infraestructura que ha permitido aumentar la cobertura de dichos servicios públicos.

### Tiempo de actividad pesquera

Del grupo de pescadores encuestados la mayor parte de ellos (76,29%) se dedica a la pesca de tiempo completo, ya que son personas que han crecido en el entorno pesquero, adoptando generacionalmente esta actividad y no han desarrollado actividades alternas a la

pesca. El 11,34% dispone de medio tiempo para ejercerla y un 12,37% se dedica ocasionalmente a pescar y a otras actividades (Tabla 3).

### **Artes de pesca**

Entre los diferentes artes de pesca usados por la población pesquera sobresale el trasmallo, este es el método más usado con un 85,27% por su efectividad en la pesca al poder capturar en zonas de profundidad. La atarraya se encuentra en el segundo lugar con el 10,75% y posteriormente se ubica el anzuelo y transparente con 2,65% y 1,33% respectivamente, similar a lo reportado por el ICA (2008) en su estudio sobre algunos artes, aparejos de pesca y otras disposiciones en la Ciénaga de Zapatosa. Las artes de pesca mencionados en esta investigación corresponden a las establecidas legalmente, los pescadores de la ciénaga utilizan además otras artes de pesca consideradas como ilegales: chinchorra, chinchorro, pesca de arrastre y por tal motivo se abstuvieron de mencionarlos en las encuestas realizadas.

### **Actividades alternas a la pesca**

Entre la comunidad pesquera encuestada, se encontró que 546 personas (80,41%) no realizan ninguna actividad adicional, el resto de la población representada por el 19,59% (133 pescadores) alternan la pesca con otras actividades, las cuales se relacionan en la tabla 3.

### **Ingresos mensuales**

El mayor porcentaje de los ingresos mensuales de los pescadores son inferiores a \$500.000, el 83,94% de los pescadores recibe al mes menos de un salario mínimo mensual vigente. Por otro lado, un 10% tiene ingresos entre \$500.000 y \$1'000.000 y solo un 6% tiene ingresos superiores a \$1'000.000. El grupo de pescadores cuyos ingresos económicos son inferiores a \$500.000 están significativamente relacionados con los pescadores que respondieron en las encuestas que no realizan actividades alternas a la pesca. De igual manera se puede inferir que aquellos que tienen ingresos superiores a ese valor no solo reciben beneficios económicos asociados a la pesca y comercialización del pescado, sino a otras actividades reportadas en la tabla 3.

**Tabla 3.** Actividades alternas a la pesca en la Ciénaga de Zapatosa.

<b>Actividades</b>	<b>Número de personas</b>	<b>%</b>
Ninguna	546	80,41
Comercio	38	5,6
Ganadería	19	2,8
Transporte	25	3,68
Servicio domestico	10	1,47
Modistería	4	0,59
Agricultura	22	3,24
Entrenador deportivo	1	0,15
Restaurante	12	1,77
Deportista	1	0,15
Docencia	1	0,15
<b>Total</b>	<b>679</b>	<b>100</b>

En la base de datos suministradas por la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP para esta investigación, se encuentran registradas treinta y dos (32) Asociaciones de pescadores Artesanales que ejercen la actividad de pesca en el Complejo Cenagoso La Zapatosa (14 en Chimichagua, 10 en Tamalameque, una en Chiriguaná, dos en Curumaní y cinco en El Banco) la mayor parte de los pescadores encuestados en este estudio pertenecen a las asociaciones de su respectiva comunidad, a través de estas asociaciones se sienten respaldados ante las autoridades gubernamentales y muchos de ellos aseguran estar de acuerdo en aprovechar estas asociaciones con otros pescadores para poder realizar actividades adicionales a la pesca (AUNAP; 2018).

La mayor parte de los pescadores desconocía el daño ambiental que ocasiona arrojar las vísceras de pescado procedente del faenado y la comercialización en la Ciénaga de Zapatosa ya sea en las orillas o en el cuerpo de agua, al adquirir esta información, manifestaron interés en conocer la manera en que pueden ser utilizados estos residuos pesqueros y a su vez aprueban la idea de crear empresas o promover las actividades productivas en la zona para que puedan ser aprovechados los residuos pesqueros desechados en la ciénaga, ellos consideran que la creación de dicha empresa impulsaría la economía de la región y mejoraría las condiciones de vida de los habitantes.

Algunos pescadores respondieron de forma negativa todas estas preguntas, se puede inferir que son personas escépticas a causa de la falta de cumplimiento de varios proyectos ofertados en la zona, mostraron desinterés en la propuesta asumiendo que la finalidad de esta era engañarlos, asociaron esta actividad con actividades políticas debido a que los tiempos escogidos para realizar las encuestas coincidieron con la temporada de campaña política en elecciones legislativas en Colombia (Febrero y Marzo del 2018).

### **7.1.2 Estimación de residuos pesqueros en áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa**

La proporción de vísceras contenida en un pez va a depender directamente del tamaño y el peso del pez; en esta investigación se trabajó con vísceras de pescado de agua dulce, los cuales presentan un contenido visceral entre el 8 – 12% con respecto a su peso corporal (Ahamed & Mahendrakar, 1997).

Esto demuestra que aproximadamente el 10% del volumen de desembarco pesquero en la Ciénaga de Zapatosa corresponde a residuos pesqueros. Los desembarcos totales en dicha ciénaga, registrados en los informes estadísticos recolectados por el Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC) en los últimos 6 años arrojan los datos promediados en la tabla 4. (SEPEC, 2018).

**Tabla 4.** Desembarcos pesqueros en la Ciénaga de Zapatosa (SEPEC, 2018).

<b>Año</b>	<b>Desembarco (T)</b>
2013	906,03
2014	1348,07
2015	650,14
2016	472,84
2017	514,07
2018	168,4
<b>Total</b>	<b>4059,55</b>

El SEPEC tomó en cuenta los municipios de mayor relevancia en actividades pesqueras para recolectar los datos pesqueros, es por eso que para algunos de los años no hay registros en los municipios de Chiriguaná, Curumaní y Tamalameque.

Teniendo en cuenta que el porcentaje de vísceras en pescado de agua dulce oscila en 10% y el volumen de desembarco pesquero en la Ciénaga de Zapatosa reportado en la tabla 3, se

puede estimar que se han producido cerca de 400 toneladas de vísceras de pescado en las zonas de influencia pesquera. Una cantidad de material altamente considerable que no está siendo aprovechada y por el contrario conduce a problemas ambientales en la zona. Las vísceras de pescado aunque tengan poco valor comercial, presentan un apreciable valor nutritivo y se ha demostrado que es una excelente fuente de proteína, aminoácidos, minerales y ácidos grasos (Miranda, Fernández & López; 2010). Son muchos los trabajos de investigación que giran en torno al aprovechamiento de estos recursos, por tal razón resulta muy importante analizar la gran disposición de vísceras de pescado en la Ciénaga de Zapatos e implementar alternativas de aprovechamiento como la planeada en esta investigación para su uso posterior en alimentación animal.

## **7.2 Caracterización bromatológica y microbiológica de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatos**

### **7.2.1 Análisis proximal**

Los resultados del análisis proximal realizado a las principales especies ícticas de la ciénaga de Zapatos se reportan en la tabla 5, donde se muestran los valores promediados de cada variable por especie.

Los resultados reportados como media para  $n = 3$  muestran que el extracto etéreo osciló entre 29,06% para Bagre y 37% para la especie Pincho, mostrando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los promedios, estos valores coinciden con los reportados en otras investigaciones donde también se evaluaron las vísceras de diferentes especies de pescado para posterior aprovechamiento en alimentación animal: 35,76% en bocachico (Naranjo, Sánchez, Muñoz y Hernández; 2016), 30,40% en cachamas (Méndez et al. 2011), 31,93% en truchas (David, Torres, Hincapié y Londoño; 2014), 33,01% en tilapia (Ramírez, Mora, Váquiro y Solanilla; 2016). Lo anterior evidencia que los residuos pesqueros presentan un contenido adecuado de lípidos (Bastos, 2006), favoreciendo desde el punto de vista energético, su utilización en la alimentación animal.

**Tabla 5.** Composición proximal de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatos.

48 Aprovechamiento de residuos pesqueros generados en la Ciénaga de Zapatosa  
para la producción de harina de vísceras de pescado

Especie	Extracto Etéreo g/100g	Humedad g/100g	Proteína g/100g	Cenizas g/100g	ELN <sup>1</sup> g/100g	Fibra g/100g	Kcal
<b>Bocachico</b>	35,16 b	2,82 a	40,12 e	15,19 a	3,66 b	3,97 bc	504,46 d
<b>Pacora</b>	30,66 c	1,2 e	47,7 b	13,8 b	2,08 c	2,86 a	511,14 c
<b>Mojarra</b>	34,71 b	2,53 b	47,02 b	11,06 d	1,82 c	3,34 b	522,77 b
<b>Pincho</b>	37,08 a	2,37 b	44,66 c	11,24 d	4,73 a	3,89 cd	535,07 a
<b>Bagre</b>	29,06 c	1,54 d	49,62 a	12,91 c	0,75 d	2,21 e	512,05 c
<b>Arenca</b>	36,4 a	2,01 c	43,66 d	11,55 d	3,24 b	3,87 d	523,49 b
$\bar{X}$	33,84	2,078	45,4633	12,625	2,7133	3,356	518,163
<b>DMS</b>	0,6957	0,2695	0,7143	0,4901	0,5813	0,4247	3,253
<b>F</b>	52,64	43,34	184,13	92,85	50,02	17,61	94,85

Medias en una misma columna que posean diferentes superíndices difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

<sup>1</sup> ELN (Extracto Libre de Nitrógeno) almidones y azúcares presentes en la muestra, se obtiene cuantitativamente por diferencia.

El porcentaje de humedad obtenido fue bajo para todas las especies, con una media de 2,07% ya que previo a los análisis, las vísceras fueron sometidas a secado para evitar alteraciones y descomposición por exceso de agua.

Los valores asociados a proteína para todas las especies presentaron diferencias significativas entre todas las especies ( $p < 0,05$ ) presentando porcentajes proteicos superiores a los de otros estudios donde analizaron el contenido proteico de varias especies de pescado. Izquierdo *et al.* (2001), reportaron que las vísceras de Bocachico obtuvieron 22,53% de proteína, mojarra 23,34% y peces carnívoros 20,86%, por el contrario en este estudio las vísceras del Bocachico presentaron 40,12% de proteína, 47,02% para la mojarra y para las especies carnívoras bagre y pacora 49,62% y 47,7% respectivamente, lo cual es importante por ser la proteína uno de los componentes más valiosos en la alimentación; se resalta la proteína de pescado que es de alto valor biológico por su contenido de aminoácidos presentes. Los peces del presente estudio son especies carnívoras, omnívoras, planctófagas y detritívoras, por tal motivo su considerable aporte proteico se le puede atribuir a la ingesta de los organismos relacionados en la tabla 6, donde se evidencia su relación proteica.

Los minerales o cenizas presentes en las muestras de vísceras de pescado analizadas, se encuentran en promedio para todas las especies en 12,62%, el mismo nivel fue reportado por López *et al.* (2006) en su investigación sobre peces de río, quien además indica que los peces

contienen sales minerales de gran importancia fisiológica por su aporte de fósforo, calcio y magnesio, minerales importantes para la función corporal y formación de la estructura ósea.

**Tabla 6.** Análisis proximal y valores energéticos de los principales grupos de organismos del alimento natural de peces.

Alimento natural	MS (%)	Composición de la Materia Seca (%MS)				
		PB	Lípidos	Cenizas	ELN	EB (Kcal/kg)
Fitoplancton	14 - 22	17 - 31	4 - 10	27 - 47	-	2200 - 3800
Vegetación acuática	15.8	14.6	4.5	13.9	-	3990
Rotíferos	11.2	64.3	20.3	6.2	-	4900
Oligoquetos	7.3	49.3	19	5.8	-	5600
Artemia (Anostraca)	11	61.6	19.5	10.1	-	5800
Cladóceros	9.8	56.5	19.3	7.7	28.2	4800
Copépodos	10.3	52.3	26.4	7.1	9.2	5500
Insectos	23.2	55.9	18.6	4.9	20.1	5100
Chironomides (larvas)	19.1	59	4.9	5.8	22.5	5000
Moluscos	32.2	39.5	7.8	32.9	7.5	3900

PB: Proteína Bruta, ELN: Extracto Libre de Nitrógeno; EB: Energía Bruta.

Fuente: Tomado y adaptado de Vásquez (2004).

The American Association of Cereal Chemists (2001) afirma que las fibras son nutrientes disponibles en las células vegetales, en materias primas de origen animal son muy bajas y limitadas, ya que las paredes celulares de las plantas son las fuentes principales de consumo de fibra dietética en la mayoría de los alimentos (Savón, 2002). En este estudio se encontraron porcentajes de fibra entre 2 y 4% reportando diferencias significativas entre las especies ( $p < 0,05$ ). Las trazas de fibras encontradas en las vísceras de pescado pueden ser atribuidas a pequeñas ingestas de material vegetal de las especies, especialmente para el caso de Bocachico, Pincho (especies detritivas) y Arenca (omnívora). Estudios realizados en mojarra y en tilapia al igual que en este estudio reportan porcentajes de fibras bajos. Incluso en algunos estudios analizan la composición proximal de las vísceras de pescado y excluyen el análisis de fibra cruda por considerarlo innecesario por su baja proporción (Ortega y Hoyos, 2015; Embus, 2016).

El reporte de ELN se determinó por diferencia, restando de 100 los porcentajes de extracto etéreo, humedad, minerales, proteína y fibra, encontrando valor medio para todas las especies de 2,71%, muy cercano a lo reportado por Spanopoulos *et al.* (2010) en tilapia. El valor reportado de energía en el análisis de vísceras nos muestra una media de 3.253 kcal, lo cual destaca el aporte calórico de este material superando los reportes de otros análisis realizados con muestras de trucha y tilapia (Osorio, 2014). Este resultado mostró ser directamente proporcional al contenido de lípidos de las muestras, ya que a menor contenido de extracto etéreo menor fue su aporte calórico. Todas las especies mostraron diferencias significativas entre ellas para cada análisis, pese a que habitan en el mismo cuerpo de agua, los resultados encontrados variaron de acuerdo al tipo de alimentación del pescado.

## 7.2.2 Análisis Microbiológicos

Los resultados del análisis microbiológico realizado a las principales especies ícticas encontradas en la Ciénaga de Zapatosa se presentan en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa

Especie	Aerobios mesófilos (UFC)	Coliformes totales (UFC)	<i>E. coli</i> (UFC)	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC)	Mohos y levaduras (UFC)	<i>Clostridium</i> sulfito reductor (UFC)	<i>Salmonella</i>
<b>Bocachico</b>	1200	370	<10	<100	<10	40	Presencia
<b>Pacora</b>	1900	690	<10	<100	100	100	Ausencia
<b>Mojarra</b>	580	<10	<10	<100	<10	<10	Presencia
<b>Pincho</b>	1500	100	<10	<100	<10	<10	Presencia
<b>Bagre</b>	280	<10	<10	<100	<10	<10	Ausencia
<b>Arenca</b>	630	<10	<10	<100	<10	<10	Ausencia

En el presente estudio se encontró que la mayor parte de las muestras de vísceras analizadas cumplen los límites permisibles en recuentos microbiológicos establecidos por la división de insumos agropecuarios del ICA (2014) (Tabla 8) en alimentos para consumo animal y por la NTC 4519, a excepción de las muestras correspondientes a Bocachico, Mojarra y Pincho que reportaron presencia de *Salmonella*, lo cual puede deberse al hecho

de que estos animales especialmente el Bocachico y el Pincho inclinan su alimentación a materias orgánicas en descomposición y material contaminado del fondo de la ciénaga.

**Tabla 8.** Límites permisibles en recuentos microbiológicos en alimentos para especies avícolas y piscícolas.

Parámetros microbiológicos para especies avícolas	UFC/g	Parámetros microbiológicos para especies piscícolas	UFC/g
Recuento Aerobios mesófilos	$10 \times 10^5$	Recuento Aerobios mesófilos	$10 \times 10^4$
Recuento Coliformes totales	$10 \times 10^4$	Recuento Coliformes totales	$10 \times 10^2$
Recuento <i>Clostridium</i> sulfito reductor	$20 \times 10^1$	Recuento <i>Clostridium</i> sulfito reductor	$10 \times 10$
Recuento mohos y levaduras	$10 \times 10^4$	Recuento mohos y levaduras	$10 \times 10^2$
Aislamiento <i>Salmonella spp</i> en 25 g	Ausente	Aislamiento <i>Salmonella spp</i> en 25 g	Ausente
Aislamiento <i>Escherichia coli</i>	Ausente	Aislamiento <i>Escherichia coli</i>	Ausente

Fuente: ICA (2014).

También es importante considerar que este tipo de enterobacterias se desarrollan en el tracto gastrointestinal de algunas especies de pescado por lo tanto algunos peces y crustáceos capturados en aguas contaminadas con heces pueden incubar este microorganismo, tal como lo reportó Herrera y Santos (2005) en su estudio acerca de la prevalencia de *Salmonella* en pescado fresco. Fernández y Torres (1996) también afirman que la contaminación del pescado por *Salmonella* puede provenir de aguas de desecho durante la captura o agua estancada en las embarcaciones pesqueras, y además la temperatura también influye, ya que la bacteria puede iniciar su reproducción si alcanza la temperatura óptima de crecimiento.

Para el caso de los demás microorganismos reportados, especialmente los aerobios mesófilos, estos aparecen en cantidades pequeñas dentro de los criterios aceptables para alimentación animal, ya que pueden encontrarse en algunos alimentos sin constituir un peligro directo para la salud del consumidor. Sin embargo, se debe manipular con los cuidados necesarios para evitar el aumento de estos microorganismos.

### 7.3 Producción de harina de vísceras de pescado a escala agroindustrial.

Mediante determinadas operaciones unitarias (Figura 4) como cocción, prensado, decantación, secado, molienda y estandarización, entre otras, se obtuvo una harina de vísceras de pescado recolectadas en las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa (Figura 12). Se evaluó su composición nutricional, vida útil y calidad microbiológica, con la finalidad de obtener una materia prima proteica para la elaboración de dietas alimenticias empeladas en producción animal, en esta investigación se evaluó la eficiencia alimenticia de este material en pollos de engorde, de igual manera Embus, (2016) recolectó vísceras de tilapia (*Oreochromis sp*) y elaboró una harina de vísceras con técnicas similares a las empleadas en este trabajo. Posteriormente determinó la composición nutricional de la harina de vísceras para su uso en alimentación porcina, como alternativa para mitigar el impacto ambiental resultante del beneficio de la tilapia, tal como se realizó en esta investigación con los residuos pesqueros no aprovechados, disponibles en la Ciénaga de Zapatosa.



**Figura 12.** Harina de vísceras de pescado elaborada a escala agroindustrial.

## **7.4 Valor nutricional y parámetros microbiológicos de la harina de vísceras de pescado elaborada**

### **7.4.1 Análisis proximal**

Los resultados obtenidos del análisis de la composición proximal de la harina de vísceras de pescado elaborada fueron promediados y se reportan en la tabla 9.

**Tabla 9.** Composición nutricional de la harina de vísceras de pescado elaborada.

Vísceras de pescado	Extracto Etéreo g/100g	Humedad g/100g	Proteína g/100g	Cenizas g/100g	ELN <sup>1</sup> g/100g	Fibra g/100g	Kcal
	13,10	5,59	54,02	26,83	0,44	1,03	335,81

<sup>1</sup> ELN (Extracto Libre de Nitrógeno) almidones y azúcares presentes en la muestra, se obtiene cuantitativamente por diferencia.

Para las variables analizadas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las repeticiones ( $p > 0,05$ ). El extracto etéreo de la harina reportó un valor muy inferior al reportado en las vísceras con las cuales se obtuvo la harina, la diferencia radica en que durante el proceso de obtención de la harina, las etapas de prensado y decantación fueron repetitivas a fin de extraer la mayor parte posible de grasa en las vísceras, de esta manera se buscó evitar alteraciones en las características sensoriales de la harina a causa de oxidaciones de la grasa o rancidez (Piedrahita, Suárez y Vargas, 2015).

El valor arrojado en los análisis (13,10%) es representativamente alto en comparación con los estudios realizados por otros autores (Osorio; 2013), donde obtuvieron harina de residuos pesqueros solamente con cabeza y esqueletos de pescado, por el contrario Rosales y Tang (1996) indican en su estudio, que los valores del contenido de grasas en harina de vísceras de bocachico aumentaron (16,72%) por ser una harina realizada con vísceras de esta especie, las cuales presentan un importante perfil de ácidos grasos (Llanes *et al.* 2001). Abdo *et al.* (2010) en sus ensayos obtuvieron un porcentaje de extracto etéreo cercano al de esta investigación (12,8%), aseverando que este contenido se debe a la madurez fisiológica del animal.

La proteína es considerada el ingrediente más importante para la formulación de dietas alimenticias en nutrición animal, ya que la industria de piensos para animales busca materias primas altamente nutricionales y rentables, por tal motivo la harina de vísceras de pescado elaborada en esta investigación se considera apreciable y de gran utilidad por su concentración proteica de 54,02%, similar a lo reportado en el trabajo desarrollado por Cuenca *et al.* (2013), quienes reportan valores de proteína de 56% en la evaluación de ingredientes proteicos y además aseguran que una harina de residuos pesqueros con este rango de proteína entre 50 y 55% es eficiente.

Otras investigaciones reportaron valores inferiores de proteínas en harinas de vísceras de pescado (48%) los autores aseveran que se presentó una desnaturalización de la

proteína por altas temperaturas durante su proceso (Córdova y García, 2002). Para la obtención de la harina de vísceras de pescado se procuró no superar el rango de temperatura de 45-50°C para evitar una desestabilización de las estructuras de las proteínas, las cuales son sensibles a estos factores, pues un aumento de la temperatura, acelera la transformación molecular, alterando los puentes de hidrógeno y enlaces no covalentes, los cuales inducen a un deterioro y pérdida de la estructura terciaria de las proteínas (Benítez, Ibarz y Pagan, 2008).

El contenido de cenizas presentes en las harinas de pescado o de subproductos pesqueros puede presentar variaciones entre 15 y 30%, la variabilidad consiste en la composición del material, es decir si son peces enteros o si en su contenido hay cabezas, vísceras, aletas, esqueletos o no. En un estudio publicado por Zaldívar (2002) se reporta un contenido de cenizas de 26,8%, lo cual se asocia al aporte de minerales del pescado indistintamente de su especie y que al momento de la recolección del material visceral se colaron restos de huesos de pescado. Kaushik *et al.* (1995) reportó un valor de cenizas para la harina de Merluza (*Merluccius sp.*) muy cercano al hallado en este análisis (27,8%) lo cual fue atribuido al contenido de calcio y fósforo, en las muestras de merluza. Anderson *et al.* (1993) afirma en sus investigaciones que las harinas elaboradas a partir de residuos pesqueros comparadas con aquellas que se han obtenido de pescados enteros presentan mayor contenido de minerales.

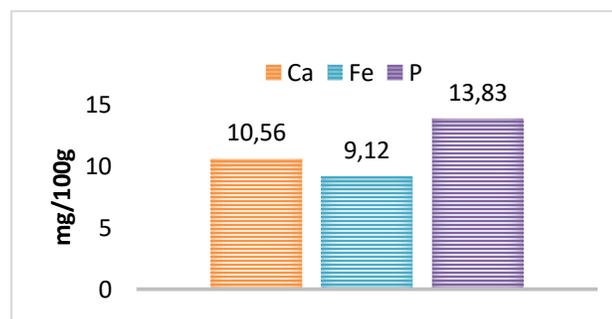
Al igual que en el análisis de la composición proximal en vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa, el contenido de fibra cruda es muy bajo (1,03%), como es de esperarse en aquellas fuentes de alimento de origen animal que no poseen pared celular (Savon, 2002). Por otro lado la harina de pescado presentó un aporte significativo de (335 kcal por gramo) similares a los valores de energía bruta hallada en harina de pescado peruana (395 kcal/g) por Gutiérrez *et al.* (2008). Es por eso que la harina de vísceras de pescado aprovecha eficientemente su contenido lipídico y proteico.

#### **7.4.2 Minerales**

En la figura 13 se puede apreciar las concentraciones de minerales calcio (Ca), hierro (Fe) y fósforo (P) halladas en la harina de vísceras de pescado elaborada. El mineral en mayor proporción es el fósforo con 13,83 mg en 100g de muestra, seguidamente está el calcio con 10,56 mg y por último el hierro con 9,12 g/100g. Izquierdo *et al.* (2001) en sus estudios

también encontraron entre las muestras de varias especies de pescado, el fósforo en mayor proporción seguido del calcio.

Los valores hallados para P, Ca y Fe se encuentran dentro de los valores reportados por otros estudios donde Lafore *et al.* (1999) evaluaron la concentración de estos minerales en otras fuentes proteicas de origen animal como harina de carne y reportaron valores inferiores. Lo anterior confirma que el pescado constituye una fuente significativa de estos minerales, los cuales se ubican entre los nutrientes más importantes aportados por el pescado, además intervienen en procesos biológicos como parte de las enzimas (Otitolobon *et al.*, 1999).



**Figura 13.** Minerales presentes en la harina de vísceras elaborada

### 7.4.3 Perfil de aminoácidos

La harina de vísceras de pescado analizada, está conformada por aminoácidos esenciales y no esenciales. En la tabla 10 se puede observar que entre los aminoácidos esenciales se cuenta con treonina, valina, isoleucina, leucina, fenilalanina, lisina e histidina, lo que indica que ésta harina presenta una deficiencia de metionina y triptófano. Por otro lado también tiene presencia de aminoácidos no esenciales y de importante funcionalidad como el ácido glutámico, serina y alanina, entre otros.

En la presente investigación se tomó como referencia los valores del contenido de aminoácidos reportados por FAO (2015) para merluza y bacalao, de esta manera se puede afirmar que los aminoácidos alanina y ácido glutámico fueron los únicos que presentaron valores inferiores a los referenciados en la tabla 11, para todos los demás aminoácidos los valores fueron superiores. Andara *et al.* (2015) evaluó el perfil de aminoácidos en tres dietas alimenticias para peces, encontrando deficiencia en varios de los aminoácidos esenciales (isoleucina, leucina, triptófano, valina, metionina y lisina) y varios de los aminoácidos reportados, estuvieron por debajo de los encontrados en esta investigación.

En otras investigaciones como la de Izquierdo *et al.* (2001) y Holguín *et al.* (2009) se reportan al igual que en la presente investigación deficiencia en metionina y triptófano.

**Tabla 10.** Perfil de aminoácidos de la harina de vísceras de pescado elaborada.

Aminoácido		Resultado g/100g de muestra
ASP	Ácido aspártico	2.52
THR	Treonina	3.12
SER	Serina	1.46
GLU	Ácido glutámico	1.20
GLY	Glicina	1.72
ALA	Alanina	0.55
VAL	Valina	1,65
ILE	Isoleucina	0.99
LEU	Leucina	1.74
TYR	Tirosina	1.62
PHE	Fenilalanina	1.22
LYS	Lisina	2.43
HIS	Histidina	0.87
ARG	Arginina	1.46

**Tabla 11.** Referencia de contenido de aminoácidos en Merluza y Bacalao.

Nutriente	Merluza		Bacalao				
	(mg)	Nutriente (mg)	Nutriente (mg)	Nutriente (mg)	Nutriente (mg)	(mg)	
Ácido aspártico	1052	Leucina	913	Acido aspártico	1737	Leucina	1460
Ácido glutámico	1566	Lisina	989	Acido glutámico	2704	Lisina	1771
Alanina	722	Metionina	304	Alanina	1227	Metionina	518
Arginina	678	Prolina	380	Arginina	1045	Prolina	708
Cistina	101	Serina	602	Cistina	216	Serina	778
Fenilalanina	412	Tirosina	507	Fenilalanina	726	Tirosina	613
Glicina	1103	Treonina	621	Glicina	812	Treonina	838
Histidina	330	Triptófano	146	Histidina	449	Triptófano	207
Isoleucina	805	Valina	697	Isoleucina	855	Valina	942

Fuente: Tomada y adaptada de FAO (2015)

Los requerimientos de aminoácidos esenciales en dietas alimenticias para diferentes especies de animales han sido ampliamente investigados, llegando a la conclusión que las materias primas empleadas en la alimentación animal requieren altos contenidos proteicos que aporten los aminoácidos que los animales no pueden sintetizar "limitantes" debido a la complejidad de sus esqueletos carbonados (Enes *et al.* 2000).

#### 7.4.4 Perfil de ácidos grasos

La harina de vísceras de pescado presentó un perfil de ácidos grasos importante, estos resultados se muestran en la tabla 12, donde se aprecia que la harina de vísceras de pescado está mayormente representada por grasas insaturadas en un 28,50% de las cuales el 12,8% pertenece a grasas monoinsaturadas y un 15,65 a grasas poliinsaturadas, en la harina se destaca la presencia de los ácidos grasos que componen el Omega 3 con 11,77%, seguido por los omegas 6 y 9 en menores proporciones.

**Tabla 12.** Perfil de Ácidos grasos de la harina de vísceras de pescado elaborada

<b>Análisis Perfil Ácidos Grasos</b>	<b>%</b>
Grasa insaturada	28,50
Grasa saturada	8,04
Grasa monoinsaturada	12,87
Grasa poliinsaturada	15,622
Omega 3	11,772
Omega 6	7,59
Omega 9	4,66
Eicosapentaenoico (EPA)	3,094
Docosapentaenóico (DPA)	1,61
Docosahexaenóico (DHA)	4,515

Restrepo, Díaz y Pardo (2012), evaluaron el perfil de ácidos grasos en Bocachico y Tilapia, reportando resultados inferiores a los de esta investigación, lo cual se debe a que los autores analizaron directamente las muestras, mientras que la harina de vísceras fue sometida a un proceso de prensado y decantación para extraer la mayor parte de grasa posible y evitar pérdidas por oxidación lipídica. Por otro lado en la investigación de Osorio (2013), se obtuvo la harina de residuos que corresponden a cabeza, cola y huesos de tilapia, donde se reportaron valores inferiores a los de esta investigación en las grasas insaturadas del perfil lipídico, ya que en las vísceras se concentra un mayor contenido de grasas que en otras partes del cuerpo en diferentes especies animales. (Thammapat *et al.* 2010; López *et al.* 2006).

Sargent, Tocher y Gordon (2002) reportan que los peces de agua dulce, son clasificados como una buena fuente de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente los relacionados con el Omega 3, ya que poseen mayor capacidad de generar cadenas largas y quitar la saturación de los ácidos grasos de cadenas cortas sintetizados por las

algas y plantas. Con base al reporte del perfil lipídico hallado en la harina de vísceras de pescado se afirma que esta es una opción ideal para la alimentación animal, ya que especies como peces, aves y cerdos requieren en su alimentación la inclusión de ácidos grasos insaturados, especialmente el omega 3 y el omega 6 para estimular el crecimiento y contribuir al sistema digestivo, cardiovascular e inmunológico (Kouakou *et al.*, 2015). Es importante tener en cuenta que una alta instauración en las harinas de pescado con presencia de oxígeno puede producir rancidez. (Berenz, 2002).

#### **7.4.5 Metales pesados**

La determinación de metales pesados en la harina de vísceras de pescado reportó valores inferiores a 0,005 ppm para Hg, Cd y Pb, lo cual cumple con los límites permisibles establecidos para estos minerales en la Norma Técnica Colombiana NTC 1443 (ICONTEC, 2009) para productos de la pesca y acuicultura (Cd = 0.1, Hg = 0.5 y Pb = 0,4 mg/kg). Lo cual puede ser atribuido a que aún no se conocen investigaciones que revelen índices de contaminación por metales pesados en la Ciénaga de Zapatosa, adicionalmente estos compuestos tienden a alojarse en los tejidos musculares de los peces, no en las vísceras (Márquez *et al.*, 2008).

Diversas investigaciones han evaluado la presencia de estos metales en muestras de pescado, pues se consideran el mecanismo de contaminación en sistemas acuáticos más alarmante, debido a que ellos no se degradan fácilmente como otros compuestos y logran acumularse en los peces y algunas plantas, gracias a que son elementos poco o nada biodegradables (INVEMAR, 2001). Muñoz y colaboradores (2012) al igual que Mancera y Álvarez (2006) han evaluado la concentración de metales pesados en peces, pues existe contaminación en los ecosistemas acuáticos debido al auge de las mineras ilegales en Colombia, estos investigadores reportaron que las concentraciones encontradas de estos metales pesados en las muestras analizadas no superan los límites establecidos por normatividades como la NTC 1443 (ICONTEC, 2009).

#### **7.4.6 Evaluación fisicoquímica o de vida útil de la harina.**

La calidad de la harina de vísceras elaborada se evaluó en función de su contenido lipídico. Las evaluaciones se realizaron al inicio del almacenamiento, es decir al día 5 y posteriormente al día 30 del almacenamiento, los resultados se reportan en la tabla 13:

**Tabla 13:** Análisis fisicoquímico de vida útil de la harina de vísceras de pescado elaborada.

	<b>Día 5</b>	<b>Día 30</b>	<b>Referencia</b>
<b>Acidez</b>	1,35%	2,89%	0,5 - 11%
<b>Peróxidos</b>	1,66 meqO <sub>2</sub> /kg	2,22 meqO <sub>2</sub> /kg	< 50 meqO <sub>2</sub> /kg
<b>Anisidina</b>	28,34 PAV	43,50 PAV	< 52 PAV
<b>TBA</b>	2,45 mg/Kg	2,93 mg/Kg	8 mg/Kg
<b>BNVT</b>	23,8 mgN <sub>2</sub> /100g	34,6 mgN <sub>2</sub> /100g	30 – 35 mgN <sub>2</sub> /100g

#### 7.4.6.1 Índice de acidez

En la presente investigación se encontró un índice de acidez de 1,35% para el día 5 de almacenamiento y 2,89 para el día 30 (Tabla 13), lo cual se enmarca según los criterios de calidad para materias primas utilizadas frecuentemente en nutrición animal y de peces (FAO, 2013). Por tal motivo se considera que hasta el día 30 no se presentó ningún tipo de descomposición lipolítica de los glicéridos presentes en la harina de vísceras de pescado. Otros autores han evaluado la estabilidad de harinas de residuos de tilapia almacenadas hasta 90 días (Petenuci *et al.*, 2010) encontrando en sus análisis un comportamiento similar al de esta investigación, a medida que aumentan los días de almacenamiento, se incrementa el índice de acidez en este tipo de productos. Por otro lado Stevanato *et al.* (2007), encontraron en sus análisis límites de acidez superiores a los establecidos en las normatividades, atribuyendo esto a condiciones inadecuadas de almacenamiento de la harina en climas muy cálidos, expuesta a la humedad, la luz y el oxígeno. Teniendo en cuenta que estos factores son generadores de acidez, se puede inferir que controlando las condiciones de almacenamiento de la harina de vísceras de pescado elaborada en esta investigación, se logró garantizar los factores que contribuyeron a mantener su estabilidad.

#### 7.4.6.2 Índice de rancidez (índice de peróxidos, ácido tiobarbiturico, valor de anisidina)

Para cuantificar la acidez presente en la harina de vísceras de pescado elaborada, es necesario evaluar los reportes para índice de peróxidos, ácido tiobarbiturico (TBA) y el valor de anisidina. Cruz, Ricque, Nieto y Tapía (2000) en su revisión sobre calidad de harinas y aceites de pescado, indican que no hay efectos adversos si el nivel de oxidación de este tipo de productos no excede los siguientes valores: Peróxidos < 50 meq de Oxígeno por kg, TBA < 8mg de malonaldehído por kg y Anisidina < 52 PAV. Teniendo en cuenta estos valores de referencia y los resultados del análisis de vida útil, en la harina

de vísceras de pescado elaborada no se presentó rancidez oxidativa en ninguno de los dos tiempos de evaluación (días 5 y 30).

Koshio *et al.* (1993) obtuvieron aceite y harina de vísceras de residuos pesqueros para *Penaeus japonicus*, la harina aumentó sus niveles de rancidez oxidativa al día 15 de almacenamiento, los autores usaron vitamina E como antioxidante y concluyeron que no se pudo inhibir la oxidación por deficiencia en la cantidad de antioxidante usado. Siguiendo las dosificaciones estipuladas por el Ministerio de Salud y Protección Social en la resolución 4124 de 1991 (Minsalud, 1991), en esta investigación se pudo controlar el estado de rancidez de la harina elaborada aplicando la cantidad de Butilhidroxitolueno – BHT como antioxidante, 100 mg/kg de harina de vísceras de pescado, ya que estas sustancias bloquean la propagación destruyendo o uniendo radicales libres lo cual produce retardo de la etapa de iniciación de la oxidación.

Medina (2002), habla acerca de las concentraciones inadecuadas de antioxidantes en su investigación y afirma que se deben utilizar las cantidades adecuadas, ya que tanto los excesos como las deficiencias de estos, inducen a problemas de estabilidad muy serios. En Taiwán se conoce como la enfermedad del Camarón Rojo a una atrofia en el hepatopáncreas, producida a camarones por suministro de alimentos con subproductos de pescado rancio Liao *et al.* (1992). De la Cruz *et al.* (1989), reportan que los alimentos con rancidez disminuyen el crecimiento y pueden llegar a producir mortalidad asociada por lesiones necróticas en el hepatopáncreas en *P. monodon*.

Los resultados obtenidos en la harina de vísceras de pescado para índices de peróxidos, índice de ácido tiobarbiturico y valor de anisidina (Tabla 13), muestran que todas estas variables se encuentran dentro de los valores de referencia, lo cual indica que este producto durante el tiempo de almacenamiento se mantuvo en condiciones ideales para controlar las diferentes reacciones ante los procesos oxidativos que enfrentan las grasas.

#### **7.4.6.3 Bases nitrogenadas volátiles totales BNVT**

Se puede observar en la tabla 13 que los valores de bases nitrogenadas volátiles totales – BNVT para los días 5 y 30 de almacenamiento no superan los límites aceptables para consumo, el cual oscila entre 30 y 35 mg de Nitrógeno por 100g de muestra. Vásquez *et al.* (2008)

confirman que para consumo fresco, las muestras provenientes de pescado no pueden superar los 20 mg N<sub>2</sub>/100 g, se considera aceptable si oscila alrededor de los 30 mg N<sub>2</sub>/100g, pero ya de 40 mg N<sub>2</sub>/100g en adelante, la mayoría de las autoridades reguladoras lo considera un producto inaceptable para consumo. Al analizar el comportamiento progresivo de compuestos volátiles en la muestras, se puede observar que para el día 30, estaba próximo al valor máximo aceptado, lo que permite inferir que posterior a los días evaluados la muestra puede llegar a alcanzar niveles superiores a los recomendados, lo cual demuestra que el producto va perdiendo frescura y calidad tras varias semanas de almacenamiento, ya que las BNVT son indicadores de alteración por causa de hidrolisis de las proteínas presentes en la harina (Cruz *et al.*, 2000).

Un aumento del valor de BNVT es indicador de la presencia de aminas biógenas en el producto, Cruz y colaboradores (2000) apreciaron en el desarrollo de camarones juveniles pequeños una limitación en el crecimiento al suministrar harinas hechas con materia prima deteriorada (TVN > 30 mg N<sub>2</sub>/100g) inicialmente consideraron que se trataba de un efecto producido por la degradación de las proteínas, posteriormente realizaron otros análisis para evaluar la susceptibilidad de la población de camarones, ya que se observó un índice de mortalidad en los ensayos de harinas de pescado con índices altos de aminas biógenas.

#### **7.4.7 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca**

A través de este método se evaluó la digestibilidad de la harina de vísceras de pescado de una forma más rápida, arrojando que este material es digestible cerca del 80% (Tabla 14), valor superior al reportado por Rosales y Tang (1996) para harina de residuos de Bocachico (68,79%), así como también fue superior al recomendado por Nørgaard *et al.* (2015) quienes reportaron que la digestibilidad ideal de subproductos del pescado en cerdos es 61%. También Concha (2007) reportó en sus investigaciones que una digestibilidad de proteína igual o superior al 75% resulta ser adecuada en la elaboración de dietas alimenticias para animales, estos aportes indican que la harina de vísceras de pescado elaborada es una materia prima de muy buena calidad y alta digestibilidad.

Estudios como los de Laforé *et al.* (1999) y Cardona, Sorza, Posada, Carmona, Ayala y Álvarez (2002) determinaron la composición química nutricional de diferentes insumos empleados en alimentación animal comparándolos entre sí. Los resultados en estas investigaciones confirmaron que la harina de pescado se puede clasificar como un insumo proteico de alta digestibilidad, superando otras harinas de origen animal como por ejemplo

harina de sangre, de carne o de hueso. El análisis de la digestibilidad *in vitro* resulta necesario para la formulación de dietas nutricionales, para obtener rentabilidad y mantener a su vez la eficiencia del alimento.

**Tabla 14.** Digestibilidad *In vitro* de la materia seca para la harina de vísceras de pescado elaborada.

DIVMS 1	DIVMS 2	DIVMS 3	Promedio DIVMS
79,84	81,23	78,28	79,78

DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

### 7.4.8 Análisis microbiológicos

El aplicar sobre la harina de vísceras de pescado controles sanitarios, garantizó que no proliferaran microorganismos patógenos causantes del deterioro del producto; las condiciones de almacenamiento, control de humedad, roedores e insectos fueron algunas de las variables que se controlaron durante el almacenamiento de dicha harina. De esta manera se lograron obtener los resultados reportados en la tabla 15.

**Tabla 15.** Análisis microbiológicos de las vísceras de las principales especies ícticas de la Ciénaga de Zapatosa.

Aerobios mesófilos (UFC)	Coliformes totales (UFC)	<i>E. coli</i> (UFC)	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC)	Mohos y levaduras (UFC)	<i>Clostridium</i> sulfito reductor (UFC)	<i>Salmonella</i>
<10	<10	<10	<100	<10	<10	Ausencia

La harina de pescado resulta un buen sustrato de origen animal, lo cual le otorga condiciones ideales para el crecimiento y desarrollo de microorganismos como aerobios mesófilos, *Pseudomonas*, *Salmonellas*, *Clostridium* y *E. coli*, entre otros, acarreado un rápido deterioro de la misma (Susa y Vásquez; 2011). En esta investigación se mantuvo la estabilidad de la harina de vísceras de pescado, puesto que la carga bacteriana está por debajo de los límites permisibles para la alimentación animal según los lineamientos estipulados por el ICA (2014).

## **7.5 Evaluación *in vivo* de la harina de vísceras de pescado elaborada**

### **7.5.1 Rendimiento productivo**

El análisis de consumo de alimento entre todos los tratamientos reportó que los tratamientos T2 y T3 no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ), así como tampoco las presentó el tratamiento T1 y T2. Los tratamientos T1 y T2 si presentaron estadísticas significativas ( $p < 0,05$ ) por la alta sensibilidad del análisis estadístico, pero mantuvieron rangos de consumo similares, por lo tanto los tratamientos con inclusión de harina de vísceras de pescado presentaron uniformidad en términos estadísticos, similar a lo reportado por Maigualema y Margarita (2002) quienes evaluaron cinco niveles de harina de tilapia pollos de engorde y reporta un comportamiento en el consumo similar al de esta investigación.

El tratamiento testigo (alimento comercial), presentó diferencias estadísticamente significativas con los demás tratamientos ( $p < 0,05$ ) reportando un consumo mayor al reportado en los demás tratamientos (Tabla 16), lo cual puede ser atribuido a que contiene una granulometría más adecuada para las aves, que la del concentrado elaborado a partir de harina de vísceras de pescado. Se puede apreciar que la harina de vísceras de pescado bajo ninguna de sus inclusiones (5%, 10% y 15%) presentó alteraciones en la palatabilidad del alimento.

Los resultados promediados de la evaluación de ganancia de peso en aves de engorde se encuentran reportadas en la tabla 16, los pesos iniciales de las aves mostraron diferencias significativas entre sí ( $p < 0,05$ ), esto es muestra de que fueron adquiridos de diferentes lotes al proveedor. Los resultados arrojados por el análisis estadístico mostraron que las aves del tratamiento comercial (T0) presentaron diferencias significativas con respecto a todos los tratamientos ( $p < 0,05$ ), al igual que el tratamiento T2 (10% de inclusión de harina de vísceras de pescado), pero el tratamiento T1 y T3 no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos ( $p > 0,05$ ).

Como se puede observar el tratamiento comercial (Tabla 16) presentó valores de ganancia de peso inferiores a los tratamientos donde se realizó la inclusión de harina de vísceras de pescado, el T1 y T3 mostraron comportamientos similares y el T2 fue el tratamiento que más ganancia de peso obtuvo y por tal motivo mayor promedio entre todas las unidades experimentales. Ponce (2000) reporta en sus ensayos que el uso de harina de desechos de tilapia como sustitución de otras fuentes proteicas, mejoró la ganancia de peso de las aves

de engorde evaluadas, lo cual lo atribuye a que se pudo presentar un mejor balance de aminoácidos en la dieta.

**Tabla 16.** Rendimiento productivo de las aves de engorde alimentadas con harina de vísceras de pescado como fuente proteica.

<b>Parámetros</b>	<b>T0 (testigo)</b>	<b>T1 (5%)</b>	<b>T2 (10%)</b>	<b>T3 (15%)</b>
Aves por tratamiento	25	25	25	25
Peso Inicial (g)	59,90 a	57,62 c	60,46 a	58,30 b
Ganancia de peso diaria (g)	38,63 a	44,13 b	47,07 c	44,82 b
Peso Final (g)	1.682 a	1.907 b	1.996 b	1.958 b
Consumo de alimento (g)	3.745 c	3.543 b	3.376 a	3.487 ab
Conversión Alimenticia	2,30 c	1,91 b	1,73 a	1,83 ab
Índice de mortalidad (%)		3		

Medias en una misma columna que posean diferentes superíndices difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En la tabla 16 se reporta el efecto de la suplementación con inclusiones de harina de vísceras de pescado sobre la conversión alimenticia de las aves de engorde; estadísticamente esta variable presentó un comportamiento similar al consumo de alimento, ya que el alimento testigo presentó diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con respecto a los demás tratamientos, mientras que T1 con T3 y T2 con T3 no presentaron dichas diferencias.

Comparando las conversiones alimenticias obtenidas con la conversión alimenticia acumulada sugerida en el manual para pollos de engorde de la línea Cobb500, la cual es de 1.675 (Cobb-Vantress, 2009), se observó que el tratamiento que estuvo más cerca de alcanzar la eficiencia fue el T2, pues se requirió menos consumo de alimento en el ciclo productivo (3.376 g.) para alcanzar la mayor ganancia de peso promediada (1.996 g.).

Rosero *et al.* (2012) al igual que en esta investigación, obtuvo mayores pesos en las aves de engorde alimentadas con harina de pescado pero la conversión alimenticia para ninguno de

sus tratamientos estuvo cerca de lo recomendado por la línea de aves empleadas para el experimento.

Para la variable de índice de mortalidad, se reporta un valor de 3% para todo el periodo de evaluación en las aves de engorde, este índice hace referencia a un ave muerta del T0, otra del T1 y finalmente una del T2, las cuales fallecieron en diferentes etapas del ciclo productivo, por lo tanto no se relacionan las muertes. Debido a que todas las aves fallecidas superaban los 1000 g de peso corporal, este hecho se puede relacionar con la tendencia del índice de mortalidad reportado por Terraza (2005) quien indicó que las aves de engorde de peso corporal avanzado, son las que tendrán mayor susceptibilidad a estrés calórico, lo cual aumenta las probabilidades de morir.

### 7.5.2 Rendimiento de la canal

El rendimiento en canal de las aves de engorde (Figura 14) se muestra en la tabla 17. Estos resultados están próximos a los reportados en el manual sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde Cobb 500 (Cobb-Vantress, 2009); el tratamiento que más coincide con lo sugerido es el testigo, se estima que el período de ayuno antes del sacrificio fue adecuado por lo tanto el peso de los residuos no fue tan elevado, disminuyendo así las pérdidas por evisceración, favoreciendo el rendimiento de la canal.





**Figura 14.** Rendimiento en canal de las aves de engorde.

**Tabla 17.** Rendimiento en canal de las aves de engorde alimentadas con harina de vísceras de pescado como fuente proteica.

Parámetros	T0 (testigo)	T1 (5%)	T2 (10%)	T3 (15%)
Peso ave viva (g)	1,843	2,227	2,175	1,946
Peso residuos (g)	501,29	690,96	631,18	561,52
Peso en canal (g)	1,344	1,536	1,543	1,384
Rendimiento de canal (%)	73%	69%	71%	71%

### 7.5.3 Test hedónico

Los resultados de las pruebas organolépticas realizadas a la carne de la canal se reportan en la tabla 18, el mayor porcentaje de los encuestados percibieron que el color de la carne del pollo suplementado con alimento comercial es más amarillo y que los del T1, T2 y T3, el cual tiende a ser más pálido, lo cual es atribuido a que el alimento comercial en su formulación incluía carotenoides y/o otras sustancias pigmentantes.

**Tabla 18.** Resultados test hedónico – Evaluación organoléptica de la carne de las aves de engorde alimentadas con harina de vísceras de pescado como fuente proteica.

COLOR CARNE	T0	T1	T2	T3	OLOR CARNE	T0	T1	T2	T3
Amarillo	12	6	9	7	Característico	13	15	14	14
Pálido	6	13	9	10	Sabor pescado	0	1	1	0
Oscuro	2	1	2	3	Otro	7	3	5	6

<b>Total Personas</b>					<b>Total Personas</b>				
	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>		<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>TEXTURA CARNE</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>SABOR CARNE</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
Seca	12	9	10	9	Característico	18	18	14	16
Jugosa	6	10	10	11	Pescado	0	1	1	0
Otro	2	1	0	0	Otro	2	1	5	4
Total	20	20	20	20	Total	20	20	20	20

En cuanto al olor de la carne, la mayor parte de los encuestados percibió olor característico a carne de pollo en los 4 tratamientos, algunos percibieron que el T0 tiene olor más fuerte a pollo que los demás tratamientos y un porcentaje minoritario indicó que olía a carne de pescado, lo cual puede ser atribuido a la sensación de saber que fueron alimentados con harina de vísceras de pescado, resultados similares se registran para la variable sabor de la carne, la mayoría aseveró que las carnes de los cuatro tratamientos presentaban un sabor característico a pollo. En cuanto a la textura las opiniones de los encuestados indican que la carne de los pollos alimentados con alimento testigo (comercial), es un poco más seca y que la de los pollos alimentados con concentrado de harinas de vísceras de pescado tiene mayor jugosidad.

## **7.6 Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros.**

Tanto las comunidades pesqueras (Figura 15) como las estudiantiles (Figura 16), mostraron gran interés en la socialización de esta investigación, para los pescadores les resultó de mucha utilidad comprender el potencial que tienen los residuos pesqueros, a ellos les generó muchas expectativas el hecho de poder aprovechar en su totalidad el pescado, ya que comercializan la parte comestible y los residuos los pueden aprovechar en la generación de subproductos, pues actualmente ellos aseveran que de la pesca ya no se obtiene la misma rentabilidad económica.



**Figura 15.** Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros con comunidades pesqueras

Para el caso de las comunidades estudiantiles de diferentes entes educativos de Valledupar, los estudiantes reconocen el potencial agropecuario del departamento del Cesar y les gustaría aprovechar el apoyo de entidades gubernamentales como la Gobernación del Cesar para participar en este tipo de proyectos investigativos que apunten a su crecimiento profesional y el desarrollo productivo de la región.



**Figura 16.** Socialización del aprovechamiento de residuos pesqueros con comunidades estudiantiles

## 8. Conclusiones y recomendaciones

La ciénaga de la Zapatosa, es uno de los cuerpos de agua más grande e importante de Colombia y enfrenta actualmente problemas de tipo productivo y ambiental, ya que la producción pesquera ha disminuido considerablemente en las últimas décadas, una de las principales causas de esto se debe a la sobreexplotación pesquera (capturas por debajo de la talla estipulada y usos de artes de pesca ilegales). La mayor parte de las comunidades pesqueras viven en condiciones precarias y su economía gira en torno a las actividades pesqueras, las cuales no son lo suficientemente estables para mantener un equilibrio económico en las familias, por tal razón los pescadores de las áreas de influencia de la Ciénaga de Zapatosa, aprueban cualquier actividad productiva que les permita mejorar sus ingresos económicos y de esta manera poder sustentar a sus familias generalmente numerosas.

La idea de poder aprovechar a totalidad del recurso íctico, desde la comercialización de la fase comestible hasta la utilización de los residuos pesqueros generados en el proceso, se les hace completamente atractiva partiendo de que estos residuos no tienen ningún costo económico y se van a beneficiar productiva y económicamente.

La estimación de residuos pesqueros mostró que en la Ciénaga de Zapatosa se dispone de gran material para el aprovechamiento ya sea en harinas, ensilajes y/o aceites, pues el análisis de la composición proximal reveló que las vísceras de pescado son una opción adecuada para ofrecer una alimentación balanceada en la nutrición animal. Poseen un contenido de minerales, proteico y energético significativo para maximizar su utilización en alimentación animal y reducir las cargas contaminantes que este tipo de residuos generan en la ciénaga por no ser aprovechados adecuadamente, se recomienda controlar la contaminación microbiana durante la utilización de residuos pesqueros, ya que es un

material muy propenso a la contaminación microbiológica por su alto contenido de humedad.

Teniendo en cuenta que en los sistemas productivos de animales uno de los factores más importantes a nivel nutricional es la proteína, pero a su vez es la que más aumenta los costos de producción en alimentación animal, es por eso que surge la necesidad de evaluar este tipo de residuos pesqueros de alto contenido nutricional y escaso valor comercial. La harina de vísceras de pescado es una materia prima que posee un valor nutritivo superior al de otras harinas destinadas al consumo animal, por su alta digestibilidad, su equilibrio en la composición de aminoácidos y apreciable perfil de ácidos grasos. Los análisis realizados demostraron que su proteína es de buena calidad por el contenido de aminoácidos presentes en la harina, destacándose los esenciales y la importancia de su contenido de minerales radica en que favorecen el sistema óseo de los animales y mejoran sus funciones metabólicas, adicionalmente posee un perfil de ácidos grasos benéficos para la salud animal, por su contenido en omega 3, 6 y 9 ácidos grasos insaturados y ácidos grasos esenciales.

La obtención de harina de viseras de pescado es un proceso donde se recomienda tener mucho control sobre ciertas variables de los procesos, especialmente la temperatura y la extracción de la grasa, ya que temperaturas inadecuadas puede acarrear una hidrólisis o degradación de la proteína y perdería uno de sus principales y más importantes aportes nutricionales, otro factor a controlar es el exceso de grasas, ya que puede producir alteraciones en la estabilidad de la harina, pérdidas por enranciamiento y descomposición.

Todo lo reportado en los análisis de la composición nutricional de la harina de vísceras de pescado se pudo evaluar en aves de engorde durante todo su ciclo reproductivo; iniciación y finalización, obteniendo resultados favorables en cuanto a los parámetros productivos de la especie como ganancia de peso y conversión alimenticia, además de un buen rendimiento de la canal y pruebas organolépticas muy aceptables. Sin embargo se recomienda incluir en la dieta algunos aminoácidos limitantes en aves de engorde que no están presentes en la harina de vísceras de pescado, especialmente metionina + cistina

ya que se pudo observar que las aves del experimento presentaron deficiencias en la formación de plumas.

Por lo anteriormente mencionado, la harina de vísceras se considera un insumo de alto potencial en la utilización de balanceo de dietas para alimentación animal, ya que su eficiencia en cuanto al aprovechamiento de sus nutrientes se pudo comprobar en la fase de evaluación in vivo en aves de engorde. Con los resultados de esta investigación se deja abierta la intención de crear un estudio que permita determinar la factibilidad de la creación de una planta física en la región para el aprovechamiento de estos recursos, es muy notoria la necesidad de generar actividades económicas alternas a la pesca que aumenten la productividad en la zona, mejoren las condiciones de vida de los pescadores y favorezca la situación ambiental de la Ciénaga de Zapatos.

## Bibliografía

- ABDO, M.A., RODRIGUEZ-IBARRA, E., HERNÁNDEZ, C., HERNÁNDEZ, K., GONZÁLEZ-RODRIGUEZ, B., MARTÍNEZ-RODRIGUEZ, I. & GARCIA-ORTEGA, A. (2010). Efecto de diferentes niveles de proteína y lípidos totales en la dieta sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo lunarejo *Lutjanus guttatus*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 45(3), 433-439. DOI: 10.4067/S0718-19572010000300008
- ADELEKE, R. O., & ODEDEJI, J. O. (2010). Acceptability studies on bread fortified with tilapia fish flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(6), 531-534. ISSN 1680-5194. DOI: 10.3923/pjn.2010.531.534
- AHAMED, J., & MAHENDRAKAR, N. S. (1997). Chemical and microbial changes in fish viscera during fermentation ensiling at different temperatures. *Bioresource Technology* 59(1), 45-46. DOI: 10.1016/S0960-8624(96)00133-2
- ALEJOS, I., CASTRO, J., & CHIRINOS, D. (1994). Investigaciones en cuyes: resúmenes. Reemplazo de la harina de pescado por harina de vísceras de pescado en cuyes destetados (No. L01 C23 S No. 6). Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima (Perú).
- ÁLVAREZ J. P. (2007). Caracterización limnológica de la ciénaga de Zapatosa. En: J. O. Rangel-Ch. (compilador). Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental ciénaga de Zapatosa. Informe final de actividades. Pp. 422-473. Convenio interadministrativo Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, CORPOCESAR.

- AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS REPORT. DIETARY FIBER DEFINITION COMMITTEE. (2001). The definition of dietary fiber. *Cereal Food World* '46' (3): 112-126.
- ANDARA, M., ARIAS, J., BELANDRÍA, J., BRIEVA, J., & GÓMEZ, W. (2016). Amino acid profile formulated diets for fish feed, using industrial waste processing crustaceans. *Revista Tecnocientífica URU*, [S.l.], n. 10, p. 59-66, aug. ISSN 2343 – 6360. DOI:10.1046/j.1355-557.2001.
- ANDERSON, J.S., LALL, S.P., ANDERSON, D.M. & McNIVEN, M.A. (1993). Evaluation of protein quality in fish meals by chemical and biological assays. *Aquaculture* 115(3-4), 305-325. DOI: 10.1016/0044-8486(93)90145-O
- ARIAS, P. (1988). Artes y métodos de pesca en aguas continentales de América Latina (No. CIDAB-SH1-F62c-4). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 178 p.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. (2009). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (Vol. 1). The Association.
- AUNAP – AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA. (2018). Consulta directa sobre las diferentes asociaciones de pescadores Artesanales registrados ante la AUNAP que ejercen la actividad de pesca en el Complejo Cenagoso de La Zapatosa. Barranquilla. Fecha de consulta: 28 de febrero de 2018.
- AUNAP – AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA. (2014). - Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR Bogotá, Colombia.
- BARRAGÁN GUERRERO, I. (2012). Utilización de Diferentes Niveles de Aceite de Pescado (1.0, 1.5, 2.0, 2.5%) en la Alimentación de Pollos Parrilleros, hasta los 35 Días de Edad (Bachelor's thesis).

- BASTOS, A.L., BAISCH, A.L.M., CLEMENTIN, R. M. & SOARES, L.A. (2006). Perfil de ácidos graxos da pele e músculo de *balistes capriscus* e *Menticirrhus litoralis*, pescados na região sul do Brasil. Rev. Inst. Adolfo Lutz, São Paulo 65(2), 94-99.
- BENÍTEZ, R., IBARZ, A. & PAGAN, J. (2008). Protein hydrolysates: processes and applications. Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana 42(2), 227-236. ISSN 0325-2957. DOI: 10.1016/bs.afnr.2016.10.003.
- BERENZ, Z., (2002). Utilización de residuos de pescado en pollos. Tratamiento y utilización de residuos de origen animal, pesquero y alimenticio en la alimentación animal. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. p. 32–34, Callao – Perú.
- BOWZER, J., TRUSHENSKI, J., & GLOVER, D. C. (2013). Potential of Asian carp from the Illinois River as a source of raw materials for fish meal production. North American Journal of Aquaculture, 75(3), 404-415. DOI: /10.1080/15222055.2013.793634
- CABELLO, A., GARCÍA, A., FIGUERA, B., HIGUERA, &, y VALLENILLA, O. (2013). Calidad físico-química de la harina de pescado Venezolana. Universidad de Oriente, Vol. 25 N° 4: 414-422. ISSN: 1315-0162.DOI: 10.1548/16220130004.
- CARDONA, M.G., SORZA, J.D., POSADA, S.L., CARMONA J.C., AYALA, S.A. & ÁLVAREZ, O.L. (2002). Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. Rev. Col. Cienc. Pec. 15(2), 240-246. DOI: 10.1453/23779674423356
- CASTELLANOS, O., FÚQUENE, A., FONSECA, S., RAMÍREZ, D., GIRALDO, P., & VALENCIA, M. (2011). Estudio de la cadena productiva de la pesca y la piscicultura en la Ciénaga de Zapatosa. Ministerio de Comercio, Industria Y Turismo, Unión Europea, Proyecto de Desarrollo Local y Comercio en Colombia – DELCO, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- CASTILLO-LOPEZ, E., ESPINOZA-VILLEGAS, R. E., & VIANA, M. T. (2016). *In vitro* digestion comparison from fish and poultry by-product meals from simulated digestive

- process at different times of the Pacific Bluefin tuna, *Thunnus orientalis*. *Aquaculture*, Vol 458, 187-194. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2016.03.011
- CINSET - CORPORACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN SOCIOECONÓMICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA. (1996). Valoración de Impactos Ambientales de la Pequeña y la Mediana Industria. Bogotá, Colombia.
- COBB – VANTRESS. (2009). Suplemento informativo sobre rendimiento y nutrición de pollos de engorde *Cobb500*. Disponible desde internet en: [http://www.cobb-vantress.com/languages/guidefiles/fa217990-20c9-4ab1-a54e-3bd02d974594\\_es.pdf](http://www.cobb-vantress.com/languages/guidefiles/fa217990-20c9-4ab1-a54e-3bd02d974594_es.pdf) [Citado: Octubre 2018].
- COCHRAN, W. G. (1971). Técnicas de muestreo (No. 04; HA31. 2, C6 1980.). México: Compañía Editorial Continental. p 41 – 149.
- CONCHA-FRÍAS, B. (2007). Evaluación de la capacidad digestiva de juveniles de *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) sobre diferentes ingredientes proteínicos (Doctoral dissertation, Tesis de maestría, Facultad de Ciencias del Mar, UCN, Coquimbo, Chile 130 pp).
- CÓRDOVA-MURUETA, J. H., & GARCÍA-CARREÑO, F. L. (2002). Nutritive value of squid and hydrolyzed protein supplement in shrimp feed. *Aquaculture*, 210(1-4), 371-384. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00011-X
- CRUZ S., L.E., RICQUE M., D., NIETO L., M. & TAPÍA S., M. (2000). Revisión sobre calidad de harinas y aceites de pescado para la nutrición del camarón. Avances en nutrición acuícola. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola La Paz, B.C.S., México.
- DANE - DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA. (2005). Boletín Censo General 2005, Perfiles de: Curumaní, Chimichagua, Chriganá, Tamalameque (Cesar) y El Banco (Magdalena), Bogotá.

- DAVID-RUALES, C.A., TORRES-TORO, C., HINCAPIE-ÁVILA, S. & LONDOÑO, J. (2014). Aprovechamiento de residuos de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*: uso de tecnologías limpias para la extracción de aceite. Orinoquia 18(Supl. 1), 294-299. ISSN 0121-3709.
- DE LA CRUZ, M.C., ERAZO, G. & BAUTISTA, M.N. (1989). Effect of storage temperature on the quality of diets for the prawn *Penaeus monodon*. Aquaculture 80(1-2), 87-95. DOI: 10.1016/0044-8486(89)90275-5
- DUNCAN, D. (1986) Multiple range and F test. Biometrics. 11 1-42.
- EMBUS-CLAVIJO, N. (2016). Elaboración de harina de vísceras de pescado (HVP) mojarra roja (*Oreochromis sp*) y determinación de su composición nutricional, como fuente alimenticia para animales en Garzón (Huila). Revista de Investigaciones Empresariales 2, 26-34.
- ENES D., M.L.N., Robert N., M.J., ROMBOUTS F.M., HOUBEN, J.H. y WYMENGA, W. (2000). Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. International Journal of Food Microbiology 57(1-2), 107-114. DOI: 10.1016/S0168-1605(00)00238-5
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2016). Estado mundial de la pesca y la acuicultura, Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Departamento de pesca y acuicultura. [Citado: septiembre 2018]. Rome: FAO. 24p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2015). Departamento de pesca y acuicultura. Composición química de los peces. Dinamarca. [Citado: octubre 2018]. España
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2013). Departamento de pesca y acuicultura. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. [Internet]. [Citado: diciembre 2016]. Chile

- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2012). Departamento de pesca y acuicultura. El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad. [Internet]. [Citado: diciembre 2016]. Dinamarca
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2008). Departamento de pesca y acuicultura. Procesamiento artesanal e industrial del pescado de aguas continentales y la utilización de los desechos. [Internet]. [Citado: marzo 2017]. Cuba.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. (2002). Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación, Departamento de pesca y agricultura de la FAO. [Internet]. [Citado Febrero 2017]. Roma.
- FEDNA - FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA EL DESARROLLO DE LA NUTRICIÓN ANIMAL. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la formulación de piensos compuestos (2ª ed.). Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Madrid, España. 423 pp.
- FELTES, M., CORREIA, J. F., BEIRÃO, L. H., BLOCK, J. M., NINOW, J. L., & SPILLER, V. R. (2010). Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi*, 14(6). 669-677. DOI: 10.1590/S1415-43662010000600014.
- FERNÁNDEZ E., E. & TORRES V., M.R. (1996). Contaminación del ceviche de pescado por Salmonella en Guadalajara, Jalisco, México. *Bol. Oficina. Sanit. Panam.* 120(3), 198-203. DOI: <http://iris.paho.org/xmlui/handle/123456789/15493>
- FOLCH, J., LEES, M., & SLOANE STANLEY, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal Biology Chem*, 226(1), 497-509. PMID: 13428781
- GALAN, G. L. (2010). Farinha de carcaça de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em dietas para coelhos: desempenho, perfil lipídico, composição química e resistência

óssea. 2010 (Doctoral dissertation, Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual de Maringá, Maringá-PR).

GALVIS G., M. GUTIÉRREZ y & LÓPEZ. (2007). Peces. En: J. O. Rangel-Ch. (compilador). Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental ciénaga de Zapatosa. Informe final de actividades. Pp. 503-555. Convenio inter-administrativo Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, CORPOCESAR.

GARCÍA-GALANO, T., VILLARREAL-COLMENARES, H., & FENUCCI, J. L. (2007). Manual de ingredientes proteicos y aditivos empleados en la formulación de alimentos balanceados para camarones peneidos. Subprograma II "Acuicultura" red temática II. C Proyecto II-8, 264.

GÓMEZ, J. S., & VÁSQUEZ, G. (2011). Aplicación de agentes antimicrobianos orgánicos en la inhibición de *Salmonella spp* en harinas de pescado exportación. Repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Artículo Informe Profesional. Guayaquil, Ecuador.

GOROSTEGUI, H., MUFARI, J., ORRABALIS, C., GUZMÁN, C., & CALANDRI, E. (2012). Cuantificación de aminoácidos totales en harinas residuales de la extracción de aceite de *Copernicia alba* morong. II Jornada de investigación en ingeniería del NEA y países limítrofes. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad de Alimentos. Argentina.

GUTIERREZ, F.W., ZALDÍVAR, J. & CONTRERAS, G. (2009). Coeficientes de digestibilidad aparente de harina de pescado peruana y maíz amarillo duro para *Colossoma macropomum* (Actinopterygii, Characidae). Revista Peruana de Biología 15(2), 111-115. DOI: 10.15381/rpb.v15i2.1735

HERRERA A., F.C. & SANTOS B., J.A. (2005). Prevalencia de *Salmonella spp* en pescado fresco expendido en Pamplona (Norte de Santander). Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas Universidad de Pamplona 3(2), 34-42. ISSN 0120 - 4211

HOLGUÍN, A., DE ARELLANO, E. R., & SORIANO, V. (2007). Amino acid conservation in the gp41 transmembrane protein and natural polymorphisms associated with

enfuvirtide resistance across HIV-1 variants. AIDS research and human retroviruses, 23(9), 1067-1074. DOI: 10.1089/aid.2006.0256

ICA - INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. (2014). Directivas técnicas de alimentos para animales y sales mineralizadas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Colombia.

ICA - INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. (2008). Acuerdo No. 008 "Disposiciones de la Ciénaga de Zapatosa" Pub. L. No. 8. Colombia.

IDEAM - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (2012). Establecimiento de la Línea Base Ambiental del Complejo Cenagoso de Zapatosa. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo. Subdirección de hidrología. Bogotá. Colombia.

IGAC - INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. (1986). Subdirección agrológica. Estudio general de suelos de los municipios de Curumaní, Chimichagua, Chiriguana y la Jagua de Ibirico. Departamento del Cesar.

INCODER - INSTITUTO COLOMBIANO DE DESARROLLO RURAL (2007). Cuadro estadístico pesquero del Cesar. Valledupar

ICONTEC - INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. (2009). Norma Técnica Colombiana NTC 4519. Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal, método horizontal para el recuento de microorganismos, técnica de recuento de colonias.

ICONTEC - INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. (2009). Norma Técnica Colombiana NTC 1322. Productos de la pesca. Métodos de análisis físicos y químicos.

INVERMAR - INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS "JOSÉ BENITO VIVES DE ANDRÉIS". (2001). Informe del estado de los ambientes marinos y costeros en Colombia.

- IZQUIERDO, P., TORRES, G., ALLARA, M., MARQUEZ, E., BARBOZA, Y., & SANCHEZ, E. (2001). Proximate analysis, essential amino acid content and Calcium/Phosphorous ratio in some fish species. *REVISTA CIENTIFICA-FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS*, 11(2), 95-100.
- KAUSHIK, S., CRAVEDI, J., LALLES, J., SUMPTER, J., FAUCONNEAU, B. & LAROCHE, M. (1995). Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. Volume 133, Issues 3–4, 15 June 1995, Pages 257-274. DOI: 10.1016/0044-8486(94)00403-B
- KOSHIO, S., TESHIMA, S. I., KANAZAWA, A., & WATASE, T. (1993). The effect of dietary protein content on growth, digestion efficiency and nitrogen excretion of juvenile kuruma prawns, *Penaeus japonicus*. *Aquaculture*, 113(1-2), 101-114. DOI: 10.1016/0044-8486(93)90344-X
- KOUAKOU, N.D.V., GRONGNET, J.F., ASSIDJO, N.E., THYS, E., MARNET, T.G., CATHELINE, D., LEGRAND, P. & KOUBA, M. (2013). Effect of a supplementation of *Euphorbia heterophylla* on nutritional meat quality of Guinea pig (*Cavia porcellus* L.). *Meat Science* 93(4), 821-826. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.11.036
- LAFORE A., M., SAN MARTÍN H., F., BOJÓRQUEZ R., C., ARBAIZA F., T. & CARCELÉN C., F. (1999). Diagnóstico alimenticio y composición químico nutricional de los principales insumos de uso pecuario del Valle del Mantaro. *Rev. Inv. Vet. Perú* 10(2), 74-78. DOI: 10.15381/rivep.v10i2.6760
- LIAO, I. C., SU, M. S., & CHANG, C. F. (1992). Diseases of *Penaeus monodon* in Taiwan: a review from 1977 to 1991. *Diseases of cultured penaeid shrimp in Asia and the United States*, 113-137.
- LLANES, J. E., TOLEDO, J., & LAZO, J. M. V. (2001). Utilización del desecho de pescado en la alimentación del pez gato africano *Clarias gariepinus*. *Acuacuba*, 3(1), 26-31.

- LÓPEZ, L. M., DURAZO, E., RODRÍGUEZ-GÓMEZ, A., TRUE, C. D., & VIANA, M. T. (2006). Composición proximal y perfil de ácidos grasos de juveniles silvestres y cultivados de *Totoaba macdonaldi*. *Ciencias marinas*, 32(2), 303-309. ISSN 0185-3880
- LÓPEZ, V., & CASP, V. (2004). Procesos de sacrificio: sacrificio de aves. *Tecnología de mataderos*. Madrid. Mundi-Prensa, 146-158.
- MAIGUALEMA, M., & MARGARITA, A. (2002). Evaluación de cinco niveles de harina de tilapia y análisis sensoriales en pollos de engorde (Bachelor's thesis, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.). 20 p.
- MANCERA, N., ALVAREZ, R. (2005). Current State of Knowledge of the Concentration of Mercury and other Heavy Metals in Fresh Water Fish in Colombia. Departamento de Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Fundación GeoSur. Bogotá, Colombia. ISSN 0120-548X
- MÁRQUEZ, A., SENIOR, W., FERMÍN, I., MARTÍNEZ, G., CASTAÑEDA, J., & GONZÁLEZ, A. (2008). Cuantificación de las concentraciones de metales pesados en tejidos de peces y crustáceos de la Laguna de Unare, estado Anzoátegui, Venezuela. *Rev. Cient. (Maracaibo)* v.18 n.1 Maracaibo. ISSN 0798-2259
- MARTÍNEZ, R. (2003). Producción de un ensilado biológico a partir de vísceras de pescado de las especies *Prochilodus mariae* (coporo), *Pseudoplatystoma fasciatum* (bagre rayado) y *Phractocephalus hemiliopterus* (cajaro). Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia, Arauca, Colombia.
- MEDINA, I., SATUÉ-GRACIA, M. T., GERMAN, J. B., & FRANKEL, E. N. (1999). Comparison of natural polyphenol antioxidants from extra virgin olive oil with synthetic antioxidants in tuna lipids during thermal oxidation. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(12), 4873-4879. DOI: 10.1021/jf990188
- MÉNDEZ, Y. C., PERDOMO, D. A., ANDRADE DE PASQUIER, G., GARCÍA, D. E., & VALECILLO, O. R. (2011). Evaluación del rendimiento en el canal y del fileteado de

la Cachama (*Colossoma macropomum*). Zootecnia Tropical, 29(3), 361-370. ISSN 2542-3436

MINSALUD - MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. (1991). Resolución número 4124 de 1991. Por lo cual se reglamenta el Título V Alimentos, de la Ley 09 de 1979, en cuanto concierne a los Antioxidantes que se pueden utilizar en alimentos. Bogotá. Colombia. 3 p.

MINSALUD - MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. (2015). Decreto 2353 de 2015. Por el cual se unifican y actualizan las reglas de afiliación al Sistema General de Seguridad Social en Salud, se crea el Sistema de Afiliación Transaccional y se definen los instrumentos para garantizar la continuidad en la afiliación y el goce efectivo del derecho a la salud. Bogotá, Colombia. 56 p.

MIRANDA, O. M., FERNÁNDEZ, M. O., & LÓPEZ, M. C. (2003). Ensilaje de pescado a partir de subproducto de la pesca no comerciable. Composición química y pH. Revista de Producción Animal, 15(2).

MORALES, J. A., & NAVARRO, A. (2013). Obtención y evaluación del aceite de vísceras de tilapia plateada (*Oreochromis niloticus*) en el centro Biotecnológico del caribe SENA regional Cesar y la Ciénaga de Zapatosa. Universidad Popular del Cesar. Colombia.

MUÑOZ R., A., CORONADO, J. & WILLS F., A. (2013). Caracterización nutricional y sensorial de filetes de pirarucú (*Arapaima gigas*) en Colombia. Tilapias y camarones: el vocero de américa acuícola 18, 16-29.

NTC - Norma Técnica Colombiana 1443. (2009) Productos de la pesca y acuicultura. Pescado entero, medallones y trozos, refrigerados o congelados. Disponible en: <http://tienda.icontec.org/brief/NTC1443.pdf>

- NÚÑEZ, A., MARTÍNEZ, S., MORENO, S., CÁRDENAS, M., GARCÍA, G., HERNÁNDEZ, J., & FCB, U. (2008). Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (*Raphanus sativus L.*), brócoli (*Brassica oleracea L. var. italica*) y calabacín (*Cucurbita pepo L. var. italica*). Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México, 1-5.
- NØRGAARD, J.V., PETERSEN, J.K., TØRRING, D.B., JØRGENSEN, H. & LAERKE, H.N. (2015). Chemical composition and standardized ileal digestibility of protein and amino acids from blue mussel, starfish, and fish silage in pigs. *Animal Feed Science and Technology* 205, 90-97. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2015.04.005
- ORJUELA, L. C. (2001). Estimación de la afectación en el balance de oxígeno disuelto, causada por contaminación orgánica biodegradable, en diferentes tramos de la Cuenca Magdalena-Cauca. Universidad Nacional de Colombia. Ed. IDEAM, Vol 1. P. 70. Bogotá.
- ORTEGA, R., & HOYOS, J. (2015). Fish Waste to Biological Silage: Physico-Chemical Evaluation. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad del Cauca, Popayán, Colombia.
- ORTIZ, D. S. (2003). Elaboración de Harina de Pescado (Doctoral dissertation, Tesis de licenciatura publicada. Universidad Católica de Argentina, Buenos Aires, Argentina).
- ORTIZ G. P., BATISTA, M. F., MORENO M. A., & SÁNCHEZ, D. A. (2015). Aplicación de criterios biológicos y ecológicos para la identificación, caracterización y establecimiento de límites de humedales en la ventana de estudio Ciénaga de Zapatosa.
- OSORIO, A., WILLS, A. & MUÑOZ, A.P. (2013). Caracterización de coproductos de la industria del fileteado de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en Colombia. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 60(III), 182-195.
- OTITOLOGBON, S., AGBAJI, E., PETERS, O. & ONIYE, S. (1999). Proximate and mineral composition of three Nigerian freshwater fishes. Department of Chemistry, Ahmadu

- Bello University, Zaria (Nigeria). Journal of the science of food and agriculture 1997 v.75 no.3. pp. 312-314. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(199711)75:3<312:AID-JSFA865>3.0.CO;2-U
- PEDROZO, N. (2007). Caracterización socio – económica de las comunidades de pescadores del área de influencia de la Ciénaga de Zapatosa – Curumaní, Chimichagua, Chiriguaná, Tamalameque (Cesar) y El Banco (Magdalena). Universidad Industrial de Santander UIS, Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Trabajo Social. Bucaramanga – Colombia.
- PETENUCCI, M.E., STEVANATO, F.B., RODRIGUES, D., PEREIRA S., L., EVELAZAIO, N. & VISENTAINER, J.V. (2010). Composição e estabilidade lipídica da farinha de espinhaço de tilápia. Ciencia e Agrotecnología 34(5), 1279-1284
- PIEDRAHITA M., D.G., SUAREZ M., H. & VARGAS L., J.H. (2015). Control de la oxidación lipídica en filetes de pescado utilizando recubrimientos comestibles a base de aceite de naranja. Programa nacional de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria. Universidad Nacional de Colombia. Proyecto ID: 1101-586-35778.
- PINHEIRO LM, MARTINS RT, PINHEIRO LA, & PINHEIRO LE. (2006). Rendimiento industrial de filetagem da tilápia tailandesa (*Oreochromis spp.*). Arq Bras Med Vet Zootec 58(2):257-262. DOI: 10.1590/S0102-09352006000200015
- PINZÓN NARANJO, L. M., & SÁNCHEZ JIMÉNEZ, C. A. (2016). Aprovechamiento de las vísceras de pescado como fuente de energía para minimizar el problema de contaminación ambiental del sector piscícola. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, [S.l.], v. 7, n. 2. DOI: 10.22490/21456453.1623.
- PONCE, L.E. (2000). Efecto del uso de harina de desechos de tilapia en dietas de pollos de engorde. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana. 25 p.
- RAMÍREZ U., J.A., MORA U., M.G., VÁQUIRO H., H.A. & SOLANILLA D., J.F. (2016). Hidrólisis enzimática de vísceras de pescado utilizando pepsina y pancreatina.

- Agronomía Colombiana, 34 (Supl.) 1013-1015. DOI: 10.15446/agron.colomb.v34nlsupl.58030
- RANGEL-CH. J. O., A. JARAMILLO, L.N. PARRA, J. E. CARVAJAL, C. MORENO, A, AVELLA, D. CORTES. (2012). Las ciénagas del Cesar. En: J. O. Rangel-Ch. (ed.). Colombia diversidad Biótica. Publicación especial 6. CORPOCESAR-Universidad Nacional de Colombia. 74 pp.
- RANGEL, O. (2007). Coorpocesar, Universidad Nacional de Colombia, Plan de Manejo Ambiental del Complejo Cenagoso de Zapatosa, Valledupar, p. 50
- RANGEL-CH. J .O., H. GARAY & A. AVELLA. (2007). Vegetación terrestre. En: J. O. Rangel-ch. (compilador). Estudio de inventario de fauna, flora, descripción biofísica y socioeconómica y línea base ambiental ciénaga de Zapatosa. Informe final de actividades. Pp. 19- 30. Convenio interadministrativo Universidad Nacional de Colombia-Instituto de Ciencias Naturales, CORPOCESAR.
- RESTREPO, T. I., DÍAZ, G. J., & PARDO, S. C. (2012). Peces dulceacuícolas como alimento funcional: perfil de ácidos grasos en tilapia y bocachico criados en policultivo. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Vol 10 (2),44 - 45.
- ROLDÁN, G. & J.J. RAMÍREZ. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. 2ª. Edición. Acad. Colomb. Ci. Ex. Fis. Nat, Universidad Católica de Oriente, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- ROSALES, J.M. & TANG, T. (1996). Composición química y digestibilidad de insumos alimenticios de la zona de Ucayali. Folia Amazónica 8(2), 13-27. DOI: 10.24841/fa.v8i2.318
- ROSERO, J. P., GUZMAN, E. L., & JAVIER LOPEZ, F. R. (2012). Evaluación del comportamiento productivo de las líneas de pollos de engorde *Cobb500* y *Ross308*. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 10(1).

- ROSTAGNO, H.S. 2011. Tablas brasileñas para aves y cerdos. Composición de alimentos y requerimientos nutricionales. 3ra Edición. Universidad Federal de Viçosa. Brasil. 259 p.
- RUIZ, M., MUÑOZ, L. & LETERME, P. (2005). Desarrollo de una metodología in vitro para estimar la tasa de fermentación de los forrajes en el intestino grueso del cerdo. Tesis de la Maestría en Ciencias Agrarias énfasis Producción Animal Tropical. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- SARGENT, J.R., TOCHER, D.R. & BELL G. (2003). The lipids. En: Fish Nutrition (Third Edition). Elsevier Science, pp. 187-257. DOI: 10.1016/B978-012319652-1/50005-7
- SAS - STATISTICAL ANALYSIS SOFTWARE INSTITUTE. (1994). Procedures Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Savón, L. (2002). Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 36(2). 91-102. ISSN: 0034-7485
- SEPEC - SERVICIO ESTADISTICO PESQUERO COLOMBIANO. (2018). Informe gráficos capturas desembarcadas. Colombia. Tomado de: <http://sepec.aunap.gov.co/InformesAvanzados/Index2> Fecha de consulta: 14 de Noviembre del 2018.
- SEPEC – SERVICIO ESTADISTICO PESQUERO COLOMBIANO. (2015). Cuantificación de unidades económicas de pesca y caracterización de artes y embarcaciones de pesca artesanales en Colombia. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Bogotá, 62 p.
- SOLARTE, V. (2012) Reconstrucción paleoambiental del holoceno tardío de las ciénagas Mata de Palma, la Pachita y Zapatosa (zona de Candelaria), norte de Colombia. Maestría thesis, Universidad Nacional de Colombia.

- STEVANATO, F.B., PETENUCI, M.E., MATSUCHITA, M., MESOMO, M.C., EVELAZIO, N., VISENTAINER, J.E.L., ALMEIDA, V.V. & VISENTAINER, J.V. (2007). Avaliação química e sensorial da farinha de resíduo de tilápias na forma de sopa. *Cienc. Tecnol. Aliment.* 27(3), 567-571.
- SUSA, J. VAQUEZ, G. (2011) Aplicación de agentes antimicrobianos orgánicos en la inhibición de *Salmonella ssp* en harinas de pescado exportación. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Campus Gustavo Galindo. Guayaquil – Ecuador.
- SPANOPOULOS-HERNANDEZ, M., PONCE-PALAFIX, J. T., BARBA-QUINTERO, G., RUELAS-INZUNZA, J. R., TIZNADO-CONTRERAS, M. R., HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, C., & SHIRAI, K. (2010). Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis sp*), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista mexicana de ingeniería química*, 9(2), 167-178.
- STONE, H & Sidel, Joel. (2012). *Sensory Evaluation Practices. Affective testing*. 3. 247-277. 10.1016/B978-0-12-672480-6.50011-1.
- TERRAZAS-VELASCO, K. M. (2015). Evaluación de tres niveles de jipi de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) en la ración alimenticia de pollos parrilleros de la línea Cobb-800 en la Provincia Murillo del Departamento de La Paz (No. CIDAB-T-SF487-T41e). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz (Bolivia). Facultad de Agronomía.
- THAMMAPAT, P., RAVIYAN P. & SIRIAMOMPUN, S. (2010). Proximate and fatty acids composition of the muscles and viscera of Asian catfish (*Pangasius bocourti*). *Food Chemistry* 122(1), 223-227. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.02.065
- TOLEDO, J & LLANES, J. (2006). Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista AquaTIC*, nº 25 – 2006. Centro de Preparación Acuicultura Mampostón. Habana (Cuba).

- VAN DEN BERG, C., & BRUIN, S. (1991). Water activity and its estimation in food systems. In Proceedings Int. Symp. Properties of Water in Relation to Food Quality and Stability, Osaka, 1991. Academic Press, New York, p. 147–177.
- VÁSQUEZ, J.A., DOCASAL, S.F., PRIETO, M.A., GONZALEZ, M.P. & MURADO, M.A. (2008). Growth and metabolic features of lactic acid bacteria in media with hydrolysed fish viscera. An approach to biosilage of fishing by-product. *Bioresource Technology* 99(14), 6246-6257. DOI: 10.1016/j.biortech.2007.12.006
- VASQUEZ, W. (2004). Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. ISBN 958-97289-3-6. Instituto de Acuicultura, Universidad de los Llanos.
- VILORIA, J. (2008). Economía extractiva y pobreza en la Ciénaga de Zapatosa (Documentos de trabajo sobre economía regional No. 103). Cartagena, Colombia.
- YAZDANI, A. R. (2011). Effect of feeding fish meal on milk production and its composition in dairy cows. *The Indian Journal of Animal Sciences*, 81(11). 1161-1164
- ZALDIVAR L. F.J. (2002). Las harinas y aceites de pescado en la alimentación acuícola. En: Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Cancún, Quintana Roo, México, 516-526.