

**Aprovechamiento de subproductos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura**

**Juan Sebastián Silva Cáceres**



**Unidad de Posgrados  
Universidad Santo Tomás  
Facultad de Ingeniería Ambiental  
Maestría en Manejo y Sostenibilidad Ambiental  
Seccional Tunja  
2024**

**Aprovechamiento de subproductos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchis mykiss*) como estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura**

**Juan Sebastián Silva Cáceres**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de Magíster en  
Manejo y Sostenibilidad Ambiental**

**Directores:**

**Luz Angela Cuellar Rodríguez**

**Licenciada en Biología**

**Doctora en Ciencias Biológicas**

**Claudia Rocío Suarez**

**Castillo**

**Ingeniera Ambiental y Sanitaria**

**Magister en Ingeniería Civil con Énfasis en Recurso Hídrico e Hidro informática**

**Unidad de Posgrados**

**Universidad Santo Tomás**

**Facultad de Ingeniería Ambiental**

**Maestría en Manejo y Sostenibilidad Ambiental**

**Seccional Tunja**

**2024**

**Nota Aceptación**

---

---

---

---

---

---

Firma director

---

Firma jurado

---

Firma jurado

## **Agradecimientos**

En agradecimiento principalmente a mi familia y amigos, quienes fueron partícipes en varios momentos importantes para el desarrollo de este trabajo, haciendo parte de recorridos y viajes, sacrificando tiempo y dinero en cada una de las actividades, especialmente a mi madre Claudia Patricia Cáceres, impulsora de mis metas y apoyo incondicional en todo el proceso académico y personal.

De igual manera, agradezco a la Universidad Santo Tomás seccional Tunja y las docentes Luz Angela Cuellar ( Decana facultad de Ingeniería Ambiental) y Claudia Rocío Suarez ( Docente) por su apoyo y profesionalismo al momento de realizar cada etapa del proyecto, dedicando tiempo y generando los espacios académicos necesarios dentro y fuera de la universidad para el desarrollo de actividades experimentales, además agradezco sus conocimientos y propuestas que hicieron posible la articulación del presente proyecto y su culminación.

Resalto la labor de las piscifactorías del departamento de Boyacá que me permitieron recolectar subproductos para desarrollar actividades académicas, dónde agradezco su disposición y expreso mi deseo de realizar un aporte a la sostenibilidad y practicas ambientalmente acordes al cuidado del medio ambiente, dónde cada actor de esta actividad económica relacionado a la piscicultura tiene una gran responsabilidad en el cuidado de la casa común y la protección de los seres vivientes que en ella se hospedan, dónde el agua como fuente indispensable para el desarrollo de la actividad, debe ser conservada a lo largo del tiempo de forma sostenible por su gran impacto positivo sobre la sociedad y todos los seres vivos.

## Tabla de contenido

1	RESUMEN .....	13
2	ABSTRACT.....	15
3	INTRODUCCIÓN .....	16
4	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	19
	4.1 Descripción de la problemática.....	19
5	JUSTIFICACIÓN .....	22
6	OBJETIVOS .....	24
	6.1 General.....	24
	6.2 Específicos .....	24
7	ESTADO DEL ARTE .....	25
	7.1 Antecedentes de la acuicultura.....	25
	7.2 La piscicultura en Colombia .....	25
	7.3 Aprovechamiento de subproductos en la piscicultura .....	26
	7.4 Requerimientos nutricionales para alimentos balanceados en gatos .....	29
8	MARCO REFERENCIAL.....	32
	8.1 Marco teórico .....	32
	8.1.1 Panorama internacional de los residuos piscícolas .....	32
	8.1.2 Panorama nacional de los residuos piscícolas .....	32
	8.1.3 Generalidades de la trucha arcoíris .....	34
	8.1.4 Sub productos de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss).....	36
	8.1.5 Características del comportamiento alimentario de los gatos.....	38
	8.1.6 Composición nutricional de alimentos para gatos .....	41

8.2	Marco conceptual.....	42
8.2.1	Residuo .....	42
8.2.2	Residuo Orgánico.....	43
8.2.3	Subproducto .....	43
8.2.4	Acuicultura.....	43
8.2.5	Piscicultura.....	44
8.2.6	Alimento balanceado .....	44
8.2.7	Desarrollo sostenible.....	44
8.2.8	Análisis bromatológico .....	44
8.2.9	Software VOSviewer. ....	45
8.2.10	Requerimiento nutricional.....	45
8.3	MARCO LEGAL.....	45
8.3.1	Antecedentes normativos de la industria pesquera y alimentos balanceados en Colombia .....	45
9	MATERIALES Y MÉTODOS.....	52
9.1	Alcance Investigativo.....	53
9.2	Identificación del potencial de la estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura	54
9.2.1	Análisis bibliométrico de aprovechamiento de subproductos pesqueros	54
9.3	Determinación del proceso de transformación de subproductos piscícolas	55
9.3.1	Etapas de revisión metodológica .....	55

9.3.2	Proceso de transformación de subproductos.....	56
9.3.2.1	Etapa de recolección y clasificación de subproductos de trucha arcoíris	56
9.3.3	Extracción de aceite de subproductos de trucha arcoíris .....	61
9.3.3.1	Preparación de muestras.....	61
9.3.3.2	Proceso de extracción Soxhlet.....	62
9.4	Evaluación de los componentes nutricionales .....	66
9.4.1	Análisis de composición nutricional.....	66
9.4.2	Análisis de datos del alimento balanceado .....	67
10	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	68
10.1	Identificación del potencial de la estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura	68
10.1.1	Resultados Software VOSview .....	79
10.2	Proceso de transformación de subproductos del cultivo de trucha arcoíris	83
10.2.1	Obtención de alimento balanceado .....	83
10.2.1.1	Pretratamiento .....	84
10.2.1.2	Hidrólisis enzimática.....	86
10.2.1.3	Proceso de cocción.....	87
10.2.1.4	Proceso de deshidratación .....	87
10.2.1.5	Ingredientes base del alimento balanceado .....	90
10.2.1.6	Proceso de extrusión, mezcla y peletización.....	90
10.2.2	Obtención de aceite .....	94

10.3	Evaluación de los componentes nutricionales .....	98
10.3.1	Evaluación nutricional alimento balanceado.....	98
10.3.2	Evaluación nutricional aceite .....	104
10.3.3	Análisis de datos alimento balanceado.....	108
11	IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO .....	113
12	CONCLUSIONES .....	115
13	RECOMENDACIONES.....	117
14	ANEXOS .....	118
15	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121

## Índice de Tablas

Tabla 1. Composición porcentual de la trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	37
Tabla 2 Comportamiento alimentario canino y felino .....	39
Tabla 3. Etapas sucesivas del consumo de alimento en gatos.....	40
Tabla 4. Marco legal .....	47
Tabla 5. Resultado revisión de métodos de aprovechamiento de subproductos .....	72
Tabla 6.Cálculo de humedad y material sólido elaboración de alimento balanceado	93
Tabla 7. Resultados cálculo de humedad en la extracción de aceite.....	95
Tabla 8. Resultados cálculo de porcentaje de extracción de aceite al extracto seco.	95
Tabla 9. Resultados perfil lipídico del aceite de subproductos del cultivo de trucha arcoíris.....	98
Tabla 10. Perfil lipídico aceite de subproductos de trucha arcoíris .....	105
Tabla 11.Resumen del modelo de regresión lineal.....	110
Tabla 12.Análisis de varianza del modelo .....	111

## Índice de Figuras

Figura 1 Descripción del proceso de sacrificio de la trucha y sus residuos.....	34
Figura 2 Morfología externa de una trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	35
Figura 3 Sistema muscular de la trucha arcoíris .....	36
Figura 4 Morfología interna de la trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	36
Figura 5 Visceras de la trucha arcoíris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	38
Figura 6 Diseño metodológico.....	53
Figura 7 Combinación de búsqueda en Scopus .....	54
Figura 8 Palabras clave y ecuación de búsqueda en Scopus.....	55
Figura 9 Piscifactoría Santa Rita-Samacá.....	57
Figura 10 Piscifactoría El Edén-Ventaquemada .....	58
Figura 11 Mapa ubicación granjas piscícolas de trucha arcoíris .....	59
Figura 12. Diagrama metodológico para elaboración de alimento balanceado .....	60
Figura 13 Proceso de pesaje muestras húmedas para extracción de aceite.....	62
Figura 14 Proceso trituración muestras secas para extracción de aceite .....	62
Figura 15 Proceso de adición de muestras al proceso de destilación Soxhlet .....	63
Figura 16 Montaje equipo de destilación Soxhlet.....	64
Figura 17 Diagrama de partes del equipo de extracción Soxhlet.....	65
Figura 18 Proceso de destilación en funcionamiento .....	66
Figura 19 Resultado de producción de documentos anualmente sobre el uso de subproductos pesqueros .....	69
Figura 20 Producción de documentos por país sobre subproductos acuicolas .....	70
Figura 21 Producción de documentos por institución.....	71
Figura 22 Áreas de conocimiento de la revisión bibliométrica .....	71

Figura 23 Mapa de densidad de palabras clave .....	79
Figura 24 Visualización de red de palabras .....	80
Figura 25 Visualización de temporalidad de palabras .....	81
Figura 26 Tipos y potencial de aprovechamiento de los subproductos de pescado .....	83
Figura 27. Diagrama de procesos de transformación de subproductos de trucha arcoíris.	84
Figura 28 Lavado de subproductos para preparación de alimento balanceado .....	85
Figura 29. Pesaje de subproductos húmedos .....	85
Figura 30 Adición de cascaras de papaya para tratamiento enzimático.....	86
Figura 31 Cocción en agua de subproductos .....	87
Figura 32 Proceso de cocción en horno de subproductos .....	88
Figura 33 Subproductos cocidos .....	89
Figura 34 Visceras y agallas secas .....	89
Figura 35. Huesos de trucha secos .....	90
Figura 36 Pesaje de ingredientes del alimento balanceado.....	91
Figura 37 Proceso de mezcla de ingredientes del alimento balanceado .....	91
Figura 38 Porcentaje de ingredientes alimento balanceado .....	92
Figura 39 Gramos por ingrediente alimento balanceado .....	93
Figura 40 Alimento balanceado para gato .....	97
Figura 41 Resultado análisis nutricional alimento balanceado para gato .....	101
Figura 42 Variables del modelo de regresión lineal.....	109
Figura 43 Gráfica de línea ajustada modelo de regresión lineal .....	¡Error! Marcador no

**definido.**

Figura 44 Gráfica de residuos para el porcentaje de alimento..... **¡Error! Marcador no definido.**

### **Índice de Ecuaciones**

Ecuación 1. Cálculo porcentaje de humedad muestras .....	60
Ecuación 2.Cálculo porcentaje sólidos de muestra.....	60
Ecuación 3. Cálculo porcentaje grasa extracto seco de muestras .....	66
Ecuación 4.Cálculo porcentaje de extracto húmedo de muestras .....	66
Ecuación 5. Búsqueda avanzada en Scopus.....	68
Ecuación 6. Ecuación cálculo de proteína método de Kjeldahl.....	104
Ecuación 7.Ecuación cálculo de nitrógeno total .....	104
Ecuación 8.Ecuación de regresión lineal .....	108

## 1 RESUMEN

La industria pesquera representa uno de los sectores económicos más importantes del mundo, dónde en Colombia los cultivos piscícolas de trucha arcoíris representan gran parte de la producción de carne de pescado en el país, con grandes aportes en la seguridad alimentaria y economía de muchas poblaciones, esta actividad económica cuenta con varios procesos y etapas productivas para la elaboración de productos al mercado, dentro de las cuales se evidencia una continua producción de subproductos orgánicos que no son aprovechados y pueden generar impactos negativos al medio ambiente. Este proyecto tiene como objetivo aprovechar los subproductos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura, identificando el potencial de aprovechamiento de los subproductos y también la elaboración de un alimento balanceado para gato, así mismo evaluando su composición nutricional. Esta investigación tiene un enfoque metodológico mixto basado en una revisión bibliométrica y de esta forma determinar un proceso de transformación de los subproductos de forma experimental, dónde a través de procesos de hidrólisis enzimática con papaína, cocción, deshidratación, trituración y compactación se realizó un alimento balanceado con altos niveles de proteína y elementos nutricionales capaces de cumplir con los parámetros normativos para alimentación de gatos, además con el método Soxhlet se realizó extracción de aceite de los subproductos (Cabezas, espinas, vísceras y agallas), obteniendo diferentes tipos de ácidos grasos y valores de Omega 3-6 y 9, dónde se puede concluir que los subproductos tienen un gran potencial para el desarrollo de alimento para gato y además de ello un amplio margen de posibilidades de ser aplicado en la alimentación de animales del sector agropecuario y

doméstico, aportando a la sostenibilidad ambiental del sector piscícola y generando una estrategia para la disminución de residuos orgánicos al medio ambiente.

**Palabras Clave:** Subproductos; subproductos trucha arcoíris; acuicultura; piscicultura; alimento balanceado; extracción de aceite; alimento para gato

## 2 ABSTRACT

The fishing industry represents one of the most important economic sectors in the world, where in Colombia rainbow trout fish crops represent a large part of the fish meat production in the country, with great contributions to the food security and economy of many populations. This economic activity has several processes and production stages for the production of products for the market, within which there is evidence of a continuous production of organic by-products that are not used and can generate negative impacts on the environment. This project aims to take advantage of the by-products of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming as an environmental sustainability strategy in fish farming, by preparing a balanced cat food, identifying its potential for use and evaluating its nutritional composition. This research has a mixed methodological approach based on a bibliometric review and determine a process of transformation of the by-products experimentally, where through processes of enzymatic hydrolysis with papain, cooking, dehydration, grinding and compaction, a balanced food with high . levels of protein and nutritional elements capable of complying with the regulatory parameters for feeding cats, in addition, with the Soxhlet methodology, oil extraction was carried out from the by-products (heads, spines, viscera and gills), obtaining different types of fatty acids and values of Omega 3-6 and 9, where it can be concluded that the byproducts have great potential for the development of cat food and, in addition, a wide range of possibilities for being applied in the feeding of animals in the agricultural and domestic sectors, contributing to the environmental sustainability of the fish farming sector and generating a strategy to reduce organic waste in the environment.

**Keywords:** Byproducts; rainbow trout by-products; aquaculture; pisciculture; balanced food; oil extraction; cat food

### 3 INTRODUCCIÓN

Actualmente a nivel mundial el sector de la pesca, acuicultura y la piscicultura respectivamente, representa una actividad económica muy importante frente a la seguridad alimentaria de millones de personas, las cuales proveen gran parte de la proteína para consumo humano y generan miles de empleos para el bienestar social y económico de las poblaciones. Las cifras del Informe del Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura indican que este sector acuícola y pesquero a nivel global ha tenido una producción récord para el año 2022 con cerca de 223,2 millones de toneladas, donde el 89% correspondió a la producción de animales acuáticos para la dieta humana, el 11 % se destinó a usos no alimentarios y donde se enmarcan los subproductos pesqueros y residuos, donde en 2022 el 34% de la harina y el 53% de aceite de pescado fueron elaborados a partir de subproductos pesqueros(FAO, 2024).

La acuicultura global para el año 2022 alcanzó la cifra de 130,9 millones de toneladas producidas, además emplean cerca de 61,8 millones de personas en actividades de grande y pequeña escala, por ello se puede decir que este es un sector con gran producción alimenticia, que tiene procesos productivos en la preparación de carne de pescado y por ello, es un gran generador de subproductos y residuos(FAO, 2024). Actualmente por los compromisos internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el 2030, se busca mayor sostenibilidad en el sector frente a la seguridad alimentaria, economía y protección de los recursos naturales, relacionando objetivos como el “Hambre Cero”, “Trabajo decente y crecimiento económico”, “Producción y consumo responsables” y protección de la “Vida Submarina”(UN, 2015).

La explotación y producción de organismos hidrobiológicos trae consigo implicaciones al medio ambiente y su sostenibilidad, (Ormanci et al., 2019) menciona que del nivel global de explotación de pescado, solo el 50-60% es utilizado para consumo humano real y que algunos de

los subproductos son utilizados en sustratos para alimentación animal, ensilaje y harina de pescado principalmente, pero no toda la cantidad de subproductos son aprovechados, se estima que el 25% de las capturas de peces se convierten en descartes o desechos (Rustad, 2006).

En la Unión Europea para el año 2021 la acuicultura tuvo una producción de 1'129.159 toneladas de pescado y mariscos (Parlamento Europeo, 2024), sin embargo, las cifras de desperdicios son limitadas, registros anteriores del año 2003 indican que anualmente se generan 5.2 millones de toneladas de descartes pequeros, donde 3,1 millones corresponden a subproductos de pescado, 1,5 millones a pescado enlatado y 0,5 millones a bivalvos procesados (Mattsson & Sonesson, 2003). El inadecuado manejo de estos subproductos acuícolas y piscícolas como cabezas, vísceras, huesos, aletas y sangre, representan un factor de contaminación para el medio ambiente, especialmente el recurso hídrico en la calidad del agua y también los organismos hidrobiológicos que en ella habitan (Calderón, 2022), por ello es fundamental el estudio de alternativas de aprovechamiento de subproductos, para disminuir la contaminación a los recursos naturales y generar acciones sostenibles.

La AUNAP menciona que en el año 2023 se produjo cerca de 192.000 toneladas de pescado en actividades acuícolas, en el año 2020 la principal especie producida fue la tilapia (58%), cachama (19%), trucha (16%) y otras especies (7%), manteniendo una tendencia de años anteriores como el 2013 donde la especie con mayor producción fue la Tilapia Roja y Plateada (Claudia Merino et al., 2013), seguida de la Cachama y trucha arcoíris, donde del 96% de la producción acuícola y piscícola del país, la trucha arcoíris representa el 11,36%, siendo una de las especies de clima frío con mayor producción (Moreno et al., 2018). De acuerdo a lo anterior, la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) también hace parte de los grandes productores de carne

de pescado en Colombia y, por ende, uno de los generadores de subproductos y residuos más abundantes en el sector económico.

Este trabajo tiene como objetivo realizar un aprovechamiento de subproductos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchis mykiss*) como estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura, identificando su potencial de aprovechamiento y un enfoque en la elaboración de un alimento balanceado para gato y la evaluación de sus propiedades nutricionales. Es importante mencionar que los subproductos de pescado han tenido a lo largo del tiempo diferentes aplicaciones en el campo agropecuario, donde su uso en dietas de animales domésticos como los felinos no ha sido explorado, por lo cual representa una oportunidad para evaluar los componentes nutricionales de los subproductos de la trucha arcoíris frente a una dieta alta en proteínas requerida para la alimentación de gatos como lo menciona (Pires et al., 2020), además aportando a la sostenibilidad ambiental frente a estrategias de manejo de subproductos piscícolas.

La investigación corresponde a un tipo de investigación integral o mixto, donde abarcó procesos cuantitativos sobre el desarrollo experimental y cualitativo en el proceso de revisión bibliométrica para la elaboración de un alimento balanceado, con el fin de determinar un proceso de transformación de subproductos y elaborar un alimento balanceado adecuado para dietas en gatos adultos, generando una forma de aprovechar los subproductos y contribuir a la disminución de la contaminación ambiental.

Como resultado de la misma, se identifica que el aprovechamiento de los subproductos de cultivos de trucha arcoíris es posible, el cual representa una oportunidad para la elaboración de alimentos para consumo animal, teniendo en cuenta que con procesos adecuados de tratamiento y preparación son fuente de nutrientes adecuados para dietas animales, que en este caso se aplicó

en gatos. Se puede decir que los niveles proteicos de los subproductos representan una fuente confiable para su aprovechamiento en otros campos y tipos de animales, dejando oportunidades de aprovechamiento para la elaboración de alimentos balanceados en mascotas u otros pertenecientes al sector agropecuario, también para procesos de extracción de aceites de pescado con grandes aportes nutricionales de ácidos grasos que podrían ser utilizados para fines comerciales y económicos.

## **4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **4.1 Descripción de la problemática**

Los cultivos de trucha arcoíris tienen implicaciones contaminantes sobre el medio ambiente, debido a que los residuos o heces de los peces forman sedimentos y contribuyen a disminuir la calidad del agua en ecosistemas lénticos y lóticos, además de que en algunos casos la disposición de vísceras dentro del mismo cultivo para alimento, puede generar aumento de materia orgánica en descomposición en el agua. Dentro de estos cultivos se generan principalmente concentraciones de fósforo (Mariano et al., 2010) amonio, nitrógeno y disminución el oxígeno (Soto & Norambuena, 2004) dentro de la fuente hídrica, que finalmente se puede generar una producción de microalgas y la disminución de la calidad del agua, por ello es indispensable la implementación de estrategias para una producción más sostenible.

Los residuos orgánicos generados en actividades de piscicultura y acuicultura representan una fuente de contaminación muy notable sobre el medio ambiente, su inadecuada gestión y disposición pueden generar impactos ambientales negativos como la contaminación y problemas de salud. En la industria piscícola el continuo proceso de producción genera gran cantidad de residuos orgánicos como tripas, intestinos y agallas principalmente, que en la mayoría de ocasiones es arrojado a los tanques de producción como alimento a las especies cultivadas y que puede repercutir en la transmisión de enfermedades en los individuos, también afectan el

desarrollo de la actividad piscícola, en algunos casos también son enterrados para su descomposición, los cuales pueden ser causantes de problemas de contaminación a fuentes hídricas por aumento de materia orgánica en descomposición, nitrógeno y fósforo (Torres-Barrera & Grandas-Rincón, 2017) y posibles problemas de salubridad a personas con viviendas cercanas al área afectada, por la descomposición de subproductos y la proliferación patógenos.

La gran producción nacional en el sector piscícola evidencia un crecimiento en la generación de subproductos no aprovechados y posteriormente residuos orgánicos dentro de todas estas granjas o establecimientos, pero dónde no se tiene conocimiento técnico de que procedimientos se deben realizar para aprovecharlos como alimento animal u otras aplicaciones relacionadas. Los aprovechamientos realizados de forma informal en la actividad, pueden resultar contraproducentes en la alimentación animal en el sector agropecuario, teniendo en cuenta el manejo de los subproductos y la inocuidad de los mismos, los cuales puedan garantizar buenas condiciones sanitarias en su transformación y aplicación, por lo cual es relevante realizar un aporte a los tipos de aprovechamiento bajo buenas prácticas de aprovechamiento.

En el marco de la sostenibilidad ambiental de la actividad se abre la posibilidad de generar alternativas de aprovechamiento de los subproductos orgánicos del cultivo de trucha arcoíris, algunas de ellas como la producción de concentrado animal y otros como la extracción de aceite de pescado con procesos similares a la producción de alimentos, correspondientes a etapas de secado y metodologías de laboratorio como la extracción por fluidos supercríticos (Torres, 2013) entre otras formas de aprovechamiento.

De acuerdo a lo anterior se puede presentar la pregunta problema de ¿Cómo elaborar un alimento balanceado para gatos adultos a partir del aprovechamiento de subproductos del cultivo de trucha arcoíris que permita tener características nutricionales óptimas y que sea una estrategia

favorable al desarrollo sostenible en la piscicultura?, esto con el fin de dar una alternativa de solución al manejo de un subproducto orgánico no aprovechado en su mayoría.

## 5 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto busca aprovechar los subproductos de la industria piscícola de trucha arcoíris bajo el marco de la sostenibilidad ambiental, para generar un alimento balanceado para gatos, dándole de esta manera un uso a un subproducto que generalmente es desechado en fuentes hídricas, enterrado o dispuesto de manera inadecuada, por lo cual se generan repercusiones sobre el medio ambiente y posibles implicaciones sobre la salud humana por la descomposición de los mismos, es por ello que el aprovechamiento de este subproducto como estrategia de sostenibilidad ambiental para realizar un alimento enfocado en gatos, plantea aportar una alternativa de aprovechamiento al sector piscícola para la disposición de sus residuos orgánicos y dar una recirculación al material generado en la cadena de producción.

Este proyecto tiene un mayor enfoque en la sostenibilidad ambiental y las metas actuales internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), más específicamente en el ODS número 12 relacionado al consumo y producción responsable, por lo cual siendo una industria de producción alimenticia tiene una gran responsabilidad en el manejo de sus subproductos y posteriormente residuos. El desarrollo de este proceso de aprovechamiento de subproductos va dirigido al sector piscícola y acuícola de Colombia en cuanto a alternativas de uso de los subproductos, pero con un enfoque en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y las piscifactorías del departamento de Boyacá.

La disminución de la contaminación y los impactos ambientales sobre el recurso hídrico, afectado por contaminantes provenientes del cultivo de organismos hidrobiológicos en cualquier empresa piscícola, es uno de los impactos positivos que tiene el aprovechamiento de residuos orgánicos, donde hay un amplio margen para generar ideas innovadoras y futuras opciones de aprovechamiento, con una oportunidad de realizar alimento balanceado principalmente y en segundo lugar la estimación inicial de extracción de aceite en base a subproductos para

establecer su potencial nutricional, es por eso que este proyecto representa una estrategia para la disminución de residuos orgánicos causada por no uso de subproductos de la cadena productiva, además favoreciendo la gestión de los subproductos piscícolas para el aprovechamiento, también plantea una posibilidad de uso de los subproductos para futuros procesos productivos con gran disponibilidad de materia prima para su desarrollo (Vísceras, agallas, columnas, cabezas).

En cuanto a la oportunidad identificada, se tiene en cuenta que la industria piscícola no formalizada no posee gestión ambiental alguna, y al realizar una previa revisión investigativa se pudo identificar que los residuos o subproductos de dicho sector económico son ricos en proteínas , por lo tanto tiene un amplio potencial para aplicación en alimentación de animales con requerimientos proteicos altos, por ejemplo, los requerimientos nutricionales de los felinos domésticos, de esta forma se apoya la creación de un alimento para gatos a base de subproductos orgánicos naturales con contenidos proteicos que pueden garantizar la calidad alimentaria de las mascotas, teniendo en cuenta un adecuado manejo con prácticas de inocuidad y un procesamiento que garantice la calidad del producto, que genera la posibilidad para ser aplicado y evaluado en futuros proyectos de alimentación de gatos .

## 6 OBJETIVOS

### 6.1 General

Aprovechar los subproductos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura

### 6.2 Específicos

- Identificar el potencial de aprovechamiento de subproductos del cultivo de trucha arcoíris como estrategia de sostenibilidad ambiental.

-Determinar un proceso de transformación de subproductos orgánicos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) enfocado en la elaboración de alimento balanceado para gato.

-Evaluar los componentes nutricionales del alimento balanceado para gatos obtenido del aprovechamiento de subproductos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

## 7 ESTADO DEL ARTE

### 7.1 Antecedentes de la acuicultura

Actualmente la actividad económica de la acuicultura referente a la crianza de organismos hidrobiológicos destinados para consumo humano, ha generado para el año 2015 una producción global de 106 millones de toneladas de pescado, siendo mucho mayor que los métodos tradicionales como la captura o pesca con un valor correspondiente a 93.74 millones de toneladas del mismo año(Our World in Data, 2023).

La acuicultura ha tenido un crecimiento exponencial durante las últimas décadas como actividad económica, dónde para el año 2018 se han producido 179 millones de toneladas de carne de pescado con un valor estimado de 401 billones de dólares y el 52% corresponde al consumo humano (FAO, 2020a), evidenciando que es una industria en continuo crecimiento y con gran capacidad de desarrollo.

### 7.2 La piscicultura en Colombia

Colombia dispone de una gran cantidad de cuerpos de agua en todo su territorio, desde ecosistemas lénticos como lóticos y algunos más importantes como los de alta montaña, situados de manera cercana a los 2700 msnm en donde hay gran cantidad de reserva hídrica para el uso humano, en la cual se desarrollan importantes actividades económicas con gran producción como la piscicultura. Esta actividad económica hace uso directo del recurso y que constituyen una parte importante para el desarrollo económico del país, dónde en 2019 se produjo 187,450 toneladas de pescado para consumo ((FAO, 2020b)).

La piscicultura en Colombia tanto en zonas cercanas al mar como en zonas del centro del país tienen gran auge por la cantidad del recurso hídrico disponible y ecosistemas presentes, lo cual ha permitido el desarrollo continuo de cultivos de distintas especies comerciales. En Colombia la producción piscícola se compone principalmente de peces como la trucha arcoíris

(*Oncorhynchus mykiss*), tilapia (*Oreochromis aureus*), carpa (*Cyprinus carpio*) y camarón (*Penaeus vannamei*) respectivamente, pero resaltando que son especies exóticas, para el caso de especies nativas se menciona el desarrollo cultivos de peces como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y cachama (*Colossoma macropomum*) (Y. Parrado, 2012).

Las principales cifras de especies de peces producidas en Colombia según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística se componen de la producción de tilapia (60%), trucha (20%) en la cual los cultivos son más frecuentes en zonas altas y que representan una gran parte de la piscicultura desarrollada en el país, por último, se encuentran la cachama (17%) y otras especies (3%) (MADR, 2020). Para el año 2020 según el DANE en Colombia en el sector de la piscicultura hay un crecimiento del sector económico desde el año 2010 hasta el año 2018 con un aumento del 68% de producción de carne de pescado de tilapia, trucha, cachama principalmente y donde en 2018 se evidenció un consumo per cápita de 6,86kg y una generación de 40.400 empleos directos y 121.000 empleos indirectos.

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (MADR, 2020) en Colombia para el año 2018 se produjo 134.807 toneladas de carne de pescado y camarón para venta en el país, además de exportar 13.400 toneladas de producción de carne de pescado y donde los departamentos con mayor producción son Antioquia (5%), Tolima (5%), Meta (12%), Huila (45%), Cundinamarca y Boyacá (4%) según la Cadena Nacional de Agricultura (MADR, 2021).

### **7.3 Aprovechamiento de subproductos en la piscicultura**

La generación de residuos y sub- productos de la industria de producción de alimento de pescado ha generado varios estudios de aprovechamiento, por ejemplo, algunos casos se han enfocado en la extracción de diferentes biomoléculas, tales como el colágeno, quitosano,

proteína, caroteno entre otros, además con aplicaciones en campos de la farmacéutica, cosméticos, nutrición y también la aplicación en elaboración de comida animal (Fraga-Corral et al., 2022). Otros estudios como lo menciona (Arvanitoyannis & Kassaveti, 2008) los subproductos de origen animal clasificados dentro de las categorías 2 (Usos industriales) o 3 (Alimento animal) son una fuente importante de nutrientes, donde subproductos como huesos, cabezas, pieles y vísceras tienen contenidos aproximados del 22% de cenizas, indicando un nivel alto en minerales, además con niveles de proteína superiores al 50% y ácidos grasos.

El estudio de aprovechamiento de residuos de la trucha arcoíris desarrollado por (David-Ruales, 2014), muestra que es posible la extracción de aceite mediante el método de extracción por calentamiento (Soxhlet) y fluidos supercríticos (FSc), estimando también los valores nutricionales a través de un análisis bromatológico, teniendo como resultado que las vísceras tuvieron un mayor contenido de grasas con un 42,32%, los huesos-músculo (34,79%) y cabezas un 28,57. Para el caso de las proteínas se determinó que los huesos y músculos tuvieron el mayor valor con 18,13 %, seguido de las cabezas (17,71%) y vísceras (15,83), finalmente la extracción de aceite tuvo como resultado valores de omega 3 (0,8), omega 6 (16,16%) y omega 9 (38,17%).

Otro de los aprovechamientos de subproductos es la elaboración de ensilajes como complemento dietario para animales por sus propiedades nutricionales (Perea Román, 2016) , de igual forma estudios como el de (Zare Vergara, 2018) mencionan que es posible utilizar ensilado de residuos de trucha arcoíris para abonar cultivos de producción de microalga marina y obteniendo como resultado que el abono de ensilaje tuvo mejores condiciones de crecimiento. En la industria piscícola también se han desarrollado estudios con otras especies, como lo planteo ((Suárez, 2023)) con el aprovechamiento de residuos de piscifactorías de mojarra roja y

elaboración de ensilado químico para la industria avícola en la dieta de pollos de engorde, teniendo como resultado el cumplimiento de estándares nutricionales de proteína.

Autores como (Vianey, 2023) indica que este tipo de residuos es posible aprovecharlos para la elaboración de compost orgánico, en cual utilizó combinaciones de residuos de verduras, frutas, tubérculos, restos vegetales, subproductos hidrobiológicos de trucha y estiércol ovino para mejorar la actividad de microorganismos, teniendo como resultado la generación de compost en un rango de tiempo de 29-67 días. Otra aplicación como menciona (Camilo et al., 2020) es el compost a base de subproductos de trucha arcoíris para producción de lechuga, dónde tuvo como resultado que es factible realizar complementos nutricionales a base de residuos piscícolas por sus nutrientes, también con beneficios en tiempos de crecimiento y producción.

El análisis bibliográfico realizado por (Calderón, 2022) menciona que se revisaron 74 artículos referentes al aprovechamiento de subproductos de la industria pesquera, indicando que algunos ejemplos de las materias primas destinadas al aprovechamiento son los subproductos de molusco, langostinos, vísceras de atún y otros pescados, que son destinados en la alimentación de cerdos, camarón, albón rojo, rumiantes y tilapia del Nilo, teniendo como resultado que la alternativa de aprovechamiento más relevantes es el ensilaje biológico de pescado, con un 53% de todas las investigaciones y seguido del ensilaje químico, por su facilidad de elaboración en tiempo y costos.

Otra de las formas de aprovechamiento son el uso de enzimas para el procesamiento de subproductos de la producción de pescado, entre ellas se encuentra el estudio realizado por (Zapata et al., 2019) donde se utilizó la enzima alcalasa para la obtención de hidrolizados proteicos de subproductos de cultivos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y de igual forma el uso de los subproductos de tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) bajo la misma técnica han

utilizado enzimas como la neutrasa y flavourzyme (Andrea et al., 2016). Otros estudios similares muestran el uso de la papaína para procesos de hidrólisis de proteínas para obtención de mejores propiedades nutricionales y mejores porcentajes de aminoácidos en carnes de consumo humano (Mazo, 2020).

Enzimas como la papaína se han utilizado en la industria alimentaria, estas son provenientes de la papaya, esta fruta es cultivada en zonas cálidas y utilizada en varias actividades económicas como industrias alimenticias y químicas para la extracción de enzimas en la biotecnología. Las enzimas de papaína tienen propiedades en el tratamiento de alimentos, la cual se ha aplicado también en el tratamiento de carne de vacuno para el mejoramiento de sus características proteicas (Vela, 2018), en la industria alimentaria la papaína es utilizada en la producción de carne, quesos y otros productos, por sus características esta enzima es capaz de romper los enlaces proteicos de la carne, dando un procesamiento y grado de maduración para su comercialización (Barón & García, 2013).

#### **7.4 Requerimientos nutricionales para alimentos balanceados en gatos**

Estudios relacionados a las necesidades nutricionales de mascotas en Estados Unidos, mencionan que la calidad de los alimentos de la industria de comida de perros y gatos es regulada a través de requerimientos generales dados por la AAFCO (Dunham-Cheatham et al., 2019). La asociación oficial de América del control de alimentos (AAFCO) desde 1990 empezó a desarrollar perfiles nutricionales para alimentos de gatos y perros, basado en ingredientes de uso común, más tarde en 1992 a 1995 aparecieron las primeras tablas de valores mínimos y máximos de nutrientes para mascotas, años más adelante apareció la guía de alimentos completos y complementarios para perros y gatos de FEDIAF, que es la organización equivalente a la AAFCO pero en Europa para el estudio de alimento para mascotas (AAFCO, 2014).

Estudios como el de (Dueñas, 2018) sobre la comparación de 10 marcas de concentrados de gato adulto en Colombia, donde se establecen algunos valores mínimos o máximos para la alimentación felina, tales como la proteína cruda (Mínimo 26%), grasa cruda (Mínimo 9%), fibra cruda (mínimo 5%), humedad (Entre 6% y 10%), cenizas (Máximo 10%), además normativamente en Colombia de acuerdo al Instituto Colombiano Agropecuario se tiene como referente la norma NTC 3687 de 2018 sobre la alimentación completa para gatos (ICA, 1999).

En la Unión Europea (UE) la Federación Europea de la Industria de Alimentos para Mascotas (FEDIAF) es la encargada de representar la industria de alimentos de animales domésticos como gatos y perros, este no es un organismo regulador, por lo cual tiene relevancia en la creación de normas y estándares internacionales. Esta organización se asocia y promueve el interés de más de 150 compañías de alimento en Europa (95% de la industria, promoviendo alimento correctamente balanceado en nutrientes y composición, además elaborando anualmente “Guías nutricionales para alimento balanceado y complementario para perros y gatos”, donde indica los valores mínimos y máximos para alimentación balanceada en diferentes edades (FEDIAF, 2024).

Para la elaboración de tablas nutricionales de mascotas, la FEDIAF dentro de sus manuales y guías se basan en indicaciones del Consejo Nacional de Investigación (NRC), el cual es realizado por la Academia Nacional de Ciencias, Ingeniería y Medicina de los Estados Unidos (AIP, 2024). Este consejo ayuda con información y asesoramiento de expertos sobre diferentes temáticas, entre ellas la alimentación de animales domésticos como felinos y caninos, generando de manera articulada los requerimientos nutricionales con valores máximos y mínimos aceptables para elaboración de alimentos para gatos y perros (FEDIAF, 2024).

Estudios como el de (Pires et al., 2020) mencionan que contenidos nutricionales para el alimento de caninos y felinos está generalmente compuesta por ingredientes que aportan mayormente proteínas, teniendo que en cuenta que teóricamente este tipo de animales tiene una tendencia mayor a tener una dieta carnívora, en este caso los caninos son los que tienden a tener mucha mayor facilidad a adaptarse a una dieta más omnívora sin afectar sus procesos metabólicos y de salud. Según (di Cerbo et al., 2017) los gatos tienden a tener una dieta más estricta, debido a que estos animales tienen comportamientos y gustos alimentación inclinados a una dieta carnívora, históricamente los gatos se les conoce por tener una dieta basada en roedores, anfibios, mamíferos pequeños y aves, por esto resulta importante tener un concentrado rico en proteínas para favorecer el crecimiento adecuado e integral.

Algunas de las marcas más comerciales en Colombia tienen variaciones en sus tablas nutricionales, dónde pueden tener variedad en su calidad y costo con diferentes tipos de proteína y un mayor número de nutrientes. Como menciona la marca (HILL'S, 2024), su alimento tiene una composición de harina de pollo y valores proteicos del 32%, grasa (20,5%), fibra bruta (1,4%), ácidos grasos omega 6 (3,2%), fosforo (0,76%), calcio (0,74%) entre otros, mencionando la adición de Taurina y Vitamina E para cuidado del pelo, por otra parte, la marca (Monello, 2024) muestran el uso de proteínas provenientes de salmón y pollo con valores del 31%, otros ingredientes como harina, aceite de salmón, taurina, omega 3-6 y valores lípidos del 12%, fibra bruta (3%), calcio (1.6%), fosforo (1.6%) y otros nutrientes similares a los valores porcentuales de otras marcas.

Este estudio tuvo como objetivo realizar un aprovechamiento de los residuos del cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchis mykiss*) para la elaboración de alimento balanceado para gato, dando así una alternativa en la sostenibilidad ambiental de la industria piscícola, dónde a través

de metodologías establecidas se determinó un proceso de tratamiento de los subproductos tales como las vísceras, huesos y cabezas que son descartados durante el proceso de producción. Realizando un aporte en el conocimiento de los aprovechamientos actuales con un enfoque en alimentación de gatos, evaluando sus propiedades nutricionales y, además, identificando el potencial del aprovechamiento planteado respecto a otras metodologías ya existentes, resaltando la sostenibilidad ambiental como enfoque principal frente a los objetivos ambientales globales.

## **8 MARCO REFERENCIAL**

### **8.1 Marco teórico**

#### ***8.1.1 Panorama internacional de los residuos piscícolas***

Internacionalmente, el manejo de estos residuos y subproductos presenta diferentes prácticas de manejo para el sector piscícola, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), menciona dentro de su manual para el cultivo de trucha arcoíris que la generación de estos residuos se da en la etapa de cosecha y postcosecha, en esta etapa se sacrifican o cosechan los individuos de trucha por métodos de asfixia, golpe, corriente eléctrica o congelamiento, seguido a esto en el proceso de limpieza se separan las columnas, vísceras y agallas. La FAO recomienda un buen manejo y disposición dentro de las instalaciones del cultivo, con técnicas como enterrar los subproductos y la quema controlada de los mismos, además de otro tipo de aprovechamientos como los biodigestores para gas de cocina, producción de abono y harina de pescado para alimentación animal (FAO, 2014).

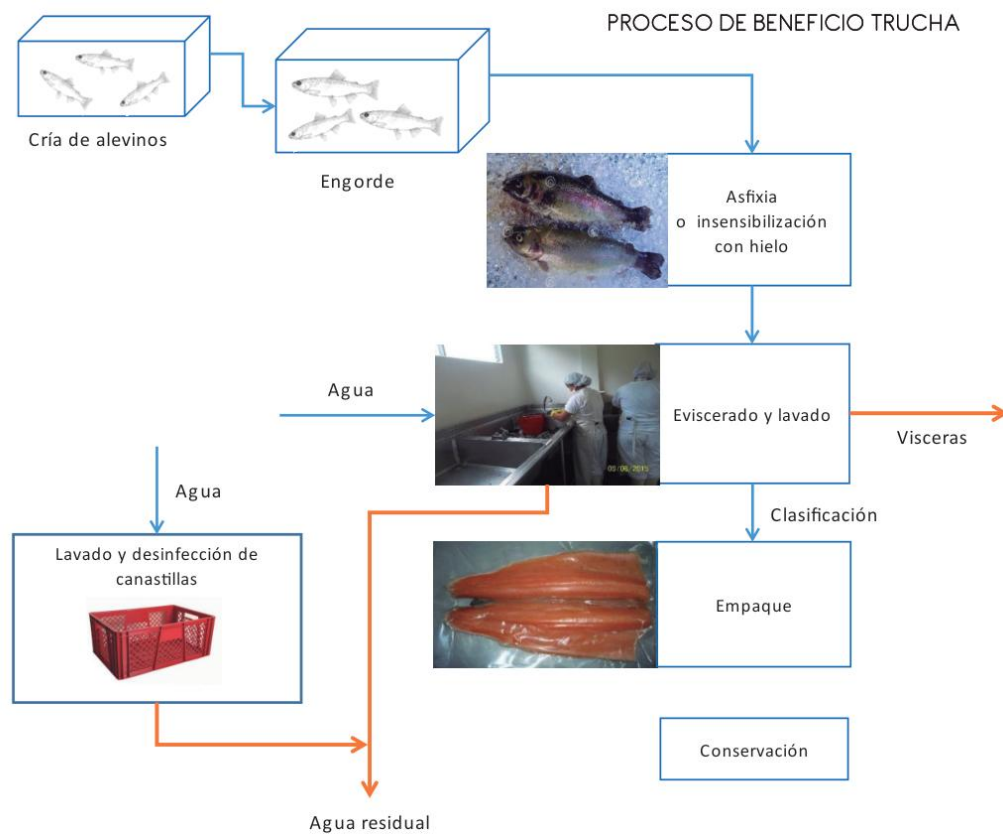
#### ***8.1.2 Panorama nacional de los residuos piscícolas***

En Colombia el manejo de residuos orgánicos provenientes de actividades piscícolas tiene un enfoque variable dependiendo de la formalización de la actividad de sus productores, así mismo, la gestión ambiental de los subproductos orgánicos no está establecida bajo una directriz

clara y sus formas de aprovechamiento. Para la gestión de residuos sólidos de estos residuos se menciona normativamente que el material orgánico debe ser dispuestos, almacenados bajo condiciones de inocuidad, refrigeración para su transporte y disposición final, con el fin de realizar un proceso adecuado en la gestión ambiental de la producción para evitar contaminación hídrica, uso excesivo del recurso hídrico, generación de olores y contaminación del suelo(Jaramillo et al., 2021).

Los subproductos se almacenan después de la etapa de procesamiento del pescado, pueden ser utilizados en diferentes formas, como material de aprovechamiento para la elaboración de aceites de pescado, harinas u abonos orgánicos en la planta o gestor externo, pero que además se evidencia que, dentro de la normatividad colombiana y documentos institucionales para la gestión de los mismos, no hay una base de conocimiento sólida para su gestión integral y aprovechamiento (Abigail et al., 2022). El proceso de sacrificio de la Descripción del proceso de sacrificio de la trucha y sus residuos muestra las etapas en dónde se generan subproductos y residuos.

Figura 1 Descripción del proceso de sacrificio de la trucha y sus residuos



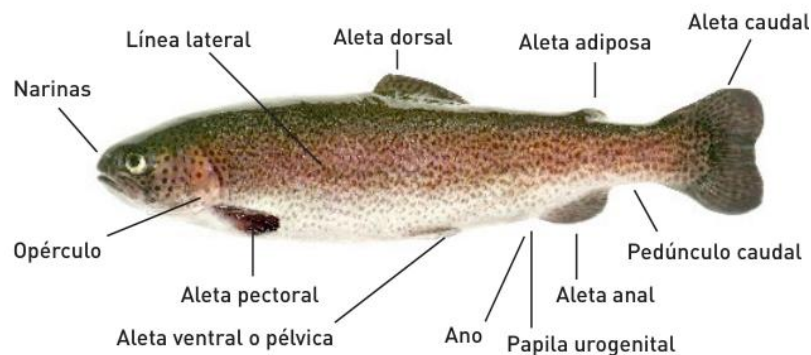
Fuente: (CORANTIOQUIA, 2016)

### 8.1.3 Generalidades de la trucha arcoíris

La trucha arcoíris es un organismo hidrobiológico que es originario de Norteamérica y su hábitat natural se ubica en los ríos de Norteamérica, está distribuida por casi todos los continentes desde finales del siglo XIX por su facilidad de crianza, adaptabilidad y producción (12 a 18 meses)(MAPA, 2021). La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) es una especie que se cría en aguas frías que a lo largo de su crecimiento en etapas de alevín, engorde y cosecha requieren una temperatura de 9-18°C, es una especie con alimentación carnívora (Insectos, peces y crustáceos), requieren niveles de oxígeno (ppm) de 7,5 a 12 y pH de 6,5 a 8,5 con una calidad de agua elevada con bajos niveles de turbidez(Merino et al., 2006).

Morfológicamente la trucha arcoíris se caracteriza por tener un cuerpo alargado o de tipo torpedo dividido en la región cefálica (Opérculo, Narina, boca y ojo), troncal (Aleta dorsal, ventral, pectoral y ano) y caudal (Aleta anal, adiposa, pedúnculo caudal), se caracteriza por tener una aleta adiposa de borde negro perteneciente al grupo de los salmónido como se muestra en la Figura 2 Morfología externa de una trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Además, está cubierto por una sustancia viscosa alrededor de su cuerpo (mucus) y en sus características sexuales los machos poseen una mandíbula inferior pronunciada hacia arriba y una banda irisada más brillante, su coloración varía según el hábitat, en algunos casos en ríos tienen una coloración más oscura e intensa, en lagos tienen coloraciones más plateadas y pueden alcanzar en tamaño hasta 4,5 kg en tres años(Arregui Maraver, 2013).

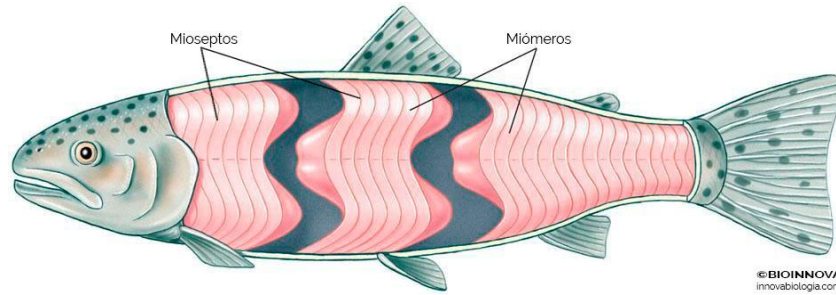
**Figura 2** Morfología externa de una trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



Fuente: (Arregui Maraver, 2013)

La anatomía interna de la trucha arcoíris se compone de un sistema de órganos almacenado en el celoma dividido en un abdomen, este se divide en sistema muscular que se divide en dos fascículos musculares llamados miómeros y mioseptos, estos constituyen el 70% del peso total de los individuos y cuerpo de la trucha arcoíris (BIOINNOVA, 2022) como se muestra en la Figura 3 Sistema muscular de la trucha arcoíris, este sistema muscular es la parte que se aprovecha comercialmente para consumo humano.

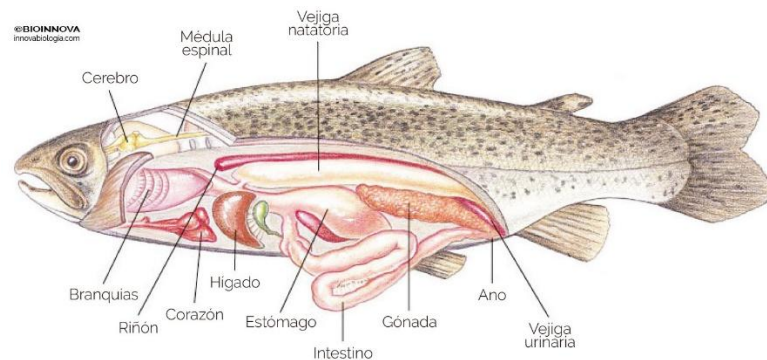
**Figura 3** Sistema muscular de la trucha arcoíris



Fuente: (BIOINNOVA, 2022)

El sistema digestivo se compone de la boca, estómago, riñones, intestino, hígado, vesícula biliar, páncreas, bazo y la vejiga natatoria importante para la flotación del pez, también se encuentra el sistema circulatorio compuesto por un seno venoso, aurícula y ventrículo, el sistema nervioso compuesto por el encéfalo (BIOINNOVA, 2022). Finalmente se encuentra el sistema reproductor que tiene gónadas, los testículos para los machos y ovarios en el caso de las hembras como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4** Morfología interna de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



Fuente: (BIOINNOVA, 2022)

#### **8.1.4 Sub productos de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)**

Los subproductos de trucha arcoíris están compuestos por las vísceras (Intestino, gónadas, vejiga natatoria, hígado, estómago, gónada y riñones), también las espinas que se componen por la columna vertebral resultante en los procesos de deshuesado y finalmente están

las cabezas compuestas por el cerebro, branquias y ojos, estos se muestran en la Figura 5

Visceras de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) La composición en porcentajes de una trucha arcoíris muestra en más del 25 % a valores superiores al 35% corresponden a subproductos, solo el 53% representa el filete comercial de la trucha arcoíris como se muestra en la *Tabla 1* Composición porcentual de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) sobre los porcentajes en las diferentes partes de la trucha arcoíris.

**Tabla 1** Composición porcentual de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

**Composición porcentual de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)**

<i>N</i>	Variable	Porcentaje (%)
1	Riñón	2.12
2	Vísceras	12.39
3	Piel	5.81
4	Hueso	5.73
5	Cola y aletas	5.96
6	Cabeza y agallas	11.41
7	Filete	53.14
8	Merca (Error)	3.44

Fuente: (García Macías, 2004)

**Figura 5** Visceras de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



Fuente: Autor

### **8.1.5 Características del comportamiento alimentario de los gatos**

Los gatos se diferencian de otro tipo de mascotas domésticas como los perros tanto en su comportamiento social como en su alimentación, el gato adquiere el sentido de gusto por los alimentos a los cinco días de nacer (Beaver, 1980a) y además de ello tiene preferencias por diferentes sabores. Los gatos en sus aspectos sensoriales tienen una sensibilidad gustativa que se divide en sabores clasificados de mayor a menor, correspondiendo a ácidos, amargos, salados y dulces, dónde estudios mencionan que los gatos tienen receptores específicos para sabores ácidos, aminoácidos y nucleótidos de los alimentos (Beaver, 1980b; Boudreau, 1977).

En cuanto a la preferencia de sabores, se dice que el gato es muy sensible para detectar sustancias amargas, evitando así el consumo de muchas sustancias tóxicas (Haupt, 2005), para el caso de sabores dulces no tienen gran interés o le son indiferentes en su alimentación, además rechaza edulcorantes sintéticos (Bartoshuk LM, 1975). Los sabores ácidos son preferidos por los gatos y utilizados en muchas marcas de alimento, sin embargo, el exceso de ácidos y fósforo podría afectar su sistema renal, finalmente el sabor salado es de los más preferidos para su

consumo, este estimula el consumo del alimento y agua, los aminoácidos por su parte estimulan las papilas gustativas para el proceso de alimentación ligado a una dieta carnívora (Bradshaw et al., 1996).

El sentido del olfato es otro muy importante en el proceso de alimentación de los gatos, este sentido hace que el olor de los alimentos estimule su consumo, los tipos de olores que percibe de forma más atractiva son los de origen animal (hígado, carne, vísceras) y origen vegetal (madera, espárrago, menta). Muchos de los fabricantes añaden aromas atractivos para los gatos y no se tiene gran información de ello por su confidencialidad, sin embargo, esto no implica una preferencia alimentaria establecida, pero dónde al ser un animal oportunista en su alimentación, se le relaciona por tener gusto por el consumo de pescado (Horwitz et al., 2006).

El entorno social es importante para el comportamiento alimentario de gatos y perros, generalmente el gato tiene un comportamiento solitario y cazador, teniendo un espacio de territorio para su alimentación. Este comportamiento se muestra diferenciado respecto al comportamiento alimenticio de los caninos en la siguiente tabla:

**Tabla 2** *Comportamiento alimentario canino y felino*

<b><i>Diferencias del comportamiento alimentario canino y felino</i></b>	
<b><i>Gato</i></b>	<b><i>Perro</i></b>
<i>Carnívoro estricto</i>	Omnívoro
<i>12 a 20 comidas/día</i>	1 a 3 comidas/día
<i>Come tanto de día como de noche</i>	Come durante el día
<i>Consumo regular</i>	Comportamiento glotón
<i>Comidas sin valor social</i>	Comidas con valor social

Fuente: (Horwitz et al., 2006)

El comportamiento alimenticio de los gatos es determinado por las características del alimento como el olor, forma, textura y palatabilidad son importantes como se muestra en la

Tabla 3 Etapas sucesivas del consumo de alimento en gatos. El olor tiene influencia en para la selección de su comida, por otra parte, la forma determina la forma en que los gatos puedan realizar procesos de fragmentación y dirección hacia los molares para trituración.

Las texturas son importantes para gatos domésticos con texturas más secas y duras (Bradshaw JW, 2000), además estas texturas se dividen en alimento finamente triturado, gelatina, semi húmedo y restos de comida casera. El alimento seco ofrece beneficios como fácil almacenamiento y durabilidad, favoreciendo también la higiene dental, diferente al alimento húmedo que se utiliza como complemento a la dieta (Horwitz et al., 2006).

**Tabla 3** Etapas sucesivas del consumo de alimento en gatos

***Etapas sucesivas del consumo de alimento en gatos***

<b><i>Etapas</i></b>	<b>Sentido utilizado</b>	<b>Características del alimento analizadas por el gato</b>	<b>Medios para mejorar la palatabilidad del alimento</b>
<i>1. Selección</i>	Olfato	Olor	Elección y calidad de los ingredientes. Aromas y materias grasas en el recubrimiento
<i>2. Prensión</i>	Tacto	Tamaño, forma, textura	Proceso tecnológico: triturado, cocción, secado
<i>3. Masticación</i>	Gusto	Sabor	Calidad de los ingredientes

<i>4.Digestión</i>	Reacciones fisiológicas	Seguridad alimentaria	Calidad nutricional del producto determinado
--------------------	-------------------------	-----------------------	--

---

Fuente: (Horwitz et al., 2006)

### **8.1.6 Composición nutricional de alimentos para gatos**

Los alimentos balanceados cumplen con una serie de componentes esenciales para la nutrición adecuada de felinos o caninos, estos se componen por seis tipos de nutrientes divididos en agua, hidratos de carbono, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas. El agua es importante para el transporte de nutrientes, termorregulación, y para eliminar los desechos (McDonald, 2013), otro importante es la energía de los alimentos expresados en calorías o kilocalorías (Kcal), dónde se expresa a través de nutrientes como hidratos de carbono, lípidos y proteínas, por ejemplo, para el caso de la proteína cruda aporta tiene un rango de 5,3 a 5,8 kcal por gramo y para el caso de los hidratos de carbono aportan cerca de 3,3 a 4,3 kcal por gramo(Risso, 2016).

Los hidratos de carbono tienen varias funciones en la alimentación felina, una de ellas es la glucosa que desempeña un papel energético para tejidos y el sistema nervioso, así mismo, los hidratos de carbono son importantes para para la formación de aminoácidos, sintetizar otros compuestos orgánicos y funciones gastrointestinales, los cereales son fuente de estos nutrientes para gatos y perros (Risso, 2016). Los lípidos corresponden a las grasas y aceites, estas grasas tienen un importante papel en el metabolismo y estructuras, en la dieta de animales los más importantes son el omega 6 (n-6) y la omega 3 (n-3), así mismo los requerimientos exactos de estos no están establecidos y se trabajan con recomendaciones de literatura (NRC, 2006).

Otro de los componentes nutricionales fundamentales para la dieta de los gatos son las proteínas y aminoácidos, estas proteínas cumplen funciones importantes como el desarrollo del

metabolismo, digestión, asimilación de nutrientes, muy importantes para la estructura del pelo, uñas, tendones, cartílagos, regulación de actividad muscular (Miosina y actina), sistema hormonal y sanguíneo. Los gatos requieren altas cantidades de proteína y requiere la presencia de taurina para funciones de la retina y el miocardio, los cuales son provenientes de carnes de origen animal (Pollo, cerdo, pescado)(Risso, 2016).

Las vitaminas son moléculas que actúan como enzimas esenciales para el desarrollo de procesos metabólicos y al no poder ser sintetizadas por el organismo, tienen que ser suministradas en el alimento balanceado. Las vitaminas se clasifican como liposolubles (A, D, E y K) y también vitaminas hidrosolubles (B y C), las liposolubles se almacenan en el hígado y el déficit de estas vitaminas ocurre con mayor lentitud, contrario a las hidrosolubles que se absorben en el intestino delgado y se excretan por la orina, no se almacenan en el organismo y se puede generar un déficit de las mismas de manera más rápida, por tal razón es importante su presencia en los alimentos balanceados(Risso, 2016).

Los minerales como elementos inorgánicos son importantes para el metabolismo del organismo, se dividen en macroelementos que están en mayor cantidad en el cuerpo (Ca, P, Mg, S, Na, K y Cl), también están los microelementos que están en cantidades menores en el organismo. El calcio es fundamental para la estructura de los tejidos y los huesos de los animales, complementario a este mineral el fósforo de igual forma es importante para los huesos y se encuentra combinado con el calcio en los organismos, las proporciones de calcio y fósforo recomendadas para gatos están entre 1:1 y 1:4 en perros(Risso, 2016).

## **8.2 Marco conceptual**

### **8.2.1 Residuo**

En Colombia el concepto de residuo sólido se define en el decreto 4741 de 2005 mencionando que “Es cualquier objeto, material, sustancia, elemento o producto que se

encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o de pósitos, cuyo generador descarta, rechaza o entrega porque sus propiedades no permiten usarlo”.

Se puede decir que un residuo es un material o producto de tipo sólido, líquido o gaseoso, que después de ser utilizado y cumplir su vida útil es desechado por no tener las mismas características físicas- químicas de antes y no puede volver a ser utilizado nuevamente, por lo cual debe ser descartado y dispuesto para otros aprovechamientos o disposición final (Decreto 4741 de 2005 “ por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”., 2005).

### **8.2.2 *Residuo Orgánico***

Es un tipo de objeto, material o producto que está compuesto por materiales naturales, estos materiales tienen la capacidad de descomponerse o degradarse a lo largo del tiempo, estos residuos pueden ser restos de comida, vegetación y podas de jardinería (Decreto 4741 de 2005 “por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”., 2005).

### **8.2.3 *Subproducto***

Es un producto secundario derivado de la producción industrial de otros productos, tiene menor valor que el producto principal y se genera incidentalmente.(RAE, 2024)

### **8.2.4 *Acuicultura***

La acuicultura se refiere a la actividad productiva para explotar o producir cualquier tipo de organismo acuático, incluyendo animales acuáticos y plantas en aguas dulces, salobres y saladas. Esta actividad tiene como objetivo la producción de alimento para el ser humano y su abastecimiento.(FAO, 2015)

### **8.2.5 *Piscicultura***

Es una rama de la acuicultura con enfoque en la cría y engorde de peces, se basa en la producción de organismos acuáticos o animales bajo condiciones controladas de crianza, incluyendo estanques, piletas, lagos o ríos. Tiene como objetivo la producción de proteína para la dieta del ser humano y contribuir con la seguridad alimentaria.(Merino et al., 2006)

### **8.2.6 *Alimento balanceado***

Corresponde a un tipo de alimento que cumple con los componentes nutricionales para mantener el correcto desarrollo y la vida de animales y su producción, que es funcional para consumo de única ración sin la necesidad de adicionar otras sustancias.(FAO, 2000)

### **8.2.7 *Desarrollo sostenible***

Se refiere a “El desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (Naciones Unidas, 1987). Otros autores tienen una versión diferente al desarrollo sostenible, entendiéndolo como un concepto antropocéntrico y enfocado en definir las necesidades bajo un punto de vista del ser humano(LÉLÉ, 1991).

El desarrollo sostenible tiene varios factores dentro de su definición y la estrategia mundial para la conservación integró este concepto, mencionando que “para que el desarrollo sea sostenible, debe de tener en cuenta los factores sociales y ecológicos, así como los económicos, en base a los recursos naturales vivos y los no vivos, así como las ventajas y desventajas a largo plazo, al igual que a corto plazo, de la acción (humana) alternativa”(IUCN, 1980)

### **8.2.8 *Análisis bromatológico***

El análisis bromatológico consiste en un análisis del contenido nutricional de un alimento, dónde se evalúa el porcentaje de carbohidratos, proteínas, vitaminas y otros minerales,

entre ellos las cenizas, grasas, fibra cruda, nitrógeno orgánico, fósforo y otros similares presentes en los alimentos. Estos son importantes para el metabolismo y desarrollo de seres vivos. Se utiliza en el análisis de alimentos para animales y sus dietas, esta medición permite saber con resultados la calidad de los forrajes, concentrados o subproductos que tienen como finalidad la alimentación animal(AGROSAVIA, 2018).

### **8.2.9 *Software VOSviewer.***

Es un software especializado en la visualización y construcción de redes bibliométricas, a través de esta herramienta se pueden realizar redes entre variables como autores, palabras clave, revistas científicas, publicaciones individuales, autores y coautores. Tiene funciones de minería para aplicación en textos, por medio de la cual realiza interconexiones entre palabras entre documentos, relacionando títulos, resúmenes y demás, para la creación de diagramas de redes de forma gráfica(VOSviewer, 2024).

### **8.2.10 *Requerimiento nutricional***

Se refiere a la cantidad de nutrientes que un alimento debe tener para satisfacer las necesidades metabólicas en la dieta de un animal, donde tiene valores mínimos y máximos de nutrientes necesarios para su desarrollo, sin afectar los procesos bioquímicos y funciones fisiológicas de los individuos(FEDIAF, 2021).

## **8.3 MARCO LEGAL**

### **8.3.1 *Antecedentes normativos de la industria pesquera y alimentos balanceados en***

#### ***Colombia***

El marco normativo de este proyecto tiene como referencia normas gubernamentales relacionadas al sector pesquero, manejo de subproductos o residuos pesqueros, industria pesquera y alimentación de animales domésticos y parámetros para elaboración de alimentos balanceados en Colombia.

En ese orden se tiene como base la Constitución Política del año 1991, dónde se sientan las bases de la participación ciudadana en decisiones que afecten al medio ambiente, resaltando la responsabilidad del estado de administrar correctamente los recursos naturales, Otro hecho importante es la creación de la Ley 99 de 1993 que regula el sector ambiente en el país con la creación de diferentes entidades encargadas del estudio y protección de los recursos del medio ambiente. En cuanto a la gestión de residuos y relacionados, la normatividad importante inicia con el decreto 2811 de 1974 con la creación del Código Nacional de los Recursos Naturales, incluyendo como factor contaminante la disposición inadecuada de residuos.

Para la gestión integral de residuos sólidos, en el decreto 4741 se dan las primeras directrices para la adecuada disposición y manejo de residuos o subproductos por parte de generadores y sus responsabilidades. Más adelante en decreto 2981 de 2013 se dan términos de referencia para los PGIRS y los procesos de aprovechamiento para la sostenibilidad en el tiempo, seguido después por el decreto 2981 de 2013 sobre el servicio de aseo y aprovechamiento de residuos a nivel municipal, más tarde sería complementada con la Resolución 754 del 2014 para actualización de los PGIRS.

Para el sector de acuicultura en Colombia se tiene como base la ley 13 de 1990, dónde se regula el manejo integral y explotación pesquera en el país, además en su artículo 35 se habla por primera vez sobre los productos no aptos y desechos de la actividad pesquera, más adelante el decreto 4181 de 2011 dónde se crea la AUNAP para ejercer control en el sector pesquero y acuícola en Colombia. Finalmente, recientemente está el decreto 1835 de 2021 en el cual en su artículo 2.16.3.3.6. menciona que los productos de pesca que tengan que desecharse definitivamente deben ser incinerados o enterrados según autoridad competente.

En la producción de alimentos para animales domésticos en Colombia se tiene el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), creado a través del decreto 2645 de 1993, seguido a esto como antecedente esta la Resolución 1056 de 1996 para el control técnico de insumos pecuarios y entre ellos el alimento concentrado. Posteriormente es importante mencionar la resolución 3761 de 2009 sobre las disposiciones sanitarias y condiciones para venta de alimento para animales de mascotas, complementado por la resolución 61252 de 2020 sobre el registro de fabricantes de alimento para animales, finalmente la Norma Técnica Colombiana. NTC 3687 de ICONTEC que refiere el ICA dentro de sus directivas técnicas de alimento para animales y sales mineralizadas, dónde esta norma muestra los valores nutricionales para alimento para gatos y su elaboración.

Esta normatividad y cronología referente al marco normativo del proyecto de se muestra en la **Tabla 4** Marco legal

**Tabla 4** Marco legal

<i>Nombre</i>	<i>Descripción</i>	<i>Relevancia</i>
<i>Constitución Política de la República de Colombia (1991)</i>	Artículo 79 (Constitución Política de Colombia, 1991a).	Menciona la importancia de un estado del medio ambiente con buenas condiciones, capaz de brindar calidad de vida
<i>Constitución Política de la República de Colombia (1991)</i>	Artículo 80 (Constitución Política de Colombia, 1991b).	Importante para el desarrollo sostenible y el buen uso de los recursos naturales, relevante sobre el

		recurso pesquero y sus relacionados.
<i>Ley 13 de 1990</i>	(Ley 13, 1990).	Se habla normativamente sobre los residuos pesqueros y a groso modo su manejo.
<i>Ley 99 de 1993</i>	Creación de Ministerio de Ambiente, SINA y otras disposiciones .	Creación de las diferentes organizaciones ambientales en Colombia, para investigación y ejercicio de autoridad sobre el medio ambiente.
<i>Decreto 2811 de 1974</i>	En su artículo 8 dónde considera como factor que deteriora el medio ambiente (Decreto 2811. 1974).	Menciona las consecuencias sobre la inadecuada gestión de los residuos.
<i>Decreto 2645 de 1993</i>	Se dictan estatutos para el ICA. (Decreto 2645, 1993).	Importante para la creación del ICA, autoridad de la comercialización de productos agropecuarios, entre ellos el alimento balanceado.

<p><i>Decreto 4741 de 2005</i></p>	<p>En su artículo 11 se menciona la responsabilidad del generador con sus residuos (Decreto 4741, 2005).</p>	<p>Este decreto resalta la responsabilidad de los productores de residuos de hacer una adecuada gestión.</p>
<p><i>Decreto 4181 de 2011</i></p>	<p>Se crea la AUNAP, en su Artículo 5 promueven la sostenibilidad ambiental en el sector(Decreto 4181, 2011).</p>	<p>Importante por la creación de la autoridad del sector acuícola en Colombia y se habla de la sostenibilidad ambiental en la industria.</p>
<p><i>Decreto 2981 de 2013</i></p>	<p>“Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”. En su artículo 88 dónde menciona que en los PGIRS habla sobre el aprovechamiento de residuos y la sostenibilidad en el tiempo(Decreto 2981, 2013).</p>	<p>Destaca la gestión integral de residuos sólidos y requerimientos para sus aprovechamientos.</p>
<p><i>Decreto 1835 de 2021</i></p>	<p>"Por medio del cual se modifican, adicionan y</p>	<p>Da referencias sobre el manejo de los</p>

	<p>derogan algunas disposiciones de la Parte 16 del Libro 2, del Decreto 1071 de 2015. También su artículo 2.16.3.3.6. sobre los desechos de productos pesqueros y de la acuicultura(Decreto 1835. ,2021).</p>	<p>subproductos de la industria pesquera, incluyendo algunas prácticas como la quema y entierro de los mismos.</p>
<p><i>Resolución 1056</i> <i>abril 1996</i></p>	<p>“Por la cual se dictan disposiciones sobre el control técnico de los Insumos Pecuarios”(Resolución 1056, 1996).</p>	<p>Establece conceptos y características del manejo de insumos pecuarios, entre ellos el concentrado animal.</p>
<p><i>Resolución 3761 de</i> <i>2009</i></p>	<p>Control de alimentos para mascotas en el mercado(Resolución 3761, 2009).</p>	<p>Indica las disposiciones a nivel sanitario para el alimento de gato y su comercialización.</p>
<p><i>Resolución 754 del</i> <i>2014</i></p>	<p>Sobre los PGIR. (Resolución 754, 2014).</p>	<p>Complementa los PGIRS para el manejo de residuos sólidos.</p>

	Requisitos para	Referente normativo
<i>Resolución 61252 de 2020</i>	fabricantes de alimento para animales.(Resolución 61252, 2020)	para los fabricantes de alimento para animales, entre ellos los domésticos.
<i>Norma Técnica Colombiana. NTC 3687</i>	Se dan las pautas y parámetros para elaboración de “Alimento completo para Gatos”(NTC 3687. “Alimento completo para Gatos”, 2018)	Es un importante referente para la elaboración de alimento para gato, incluyendo componentes nutricionales y valores recomendados.

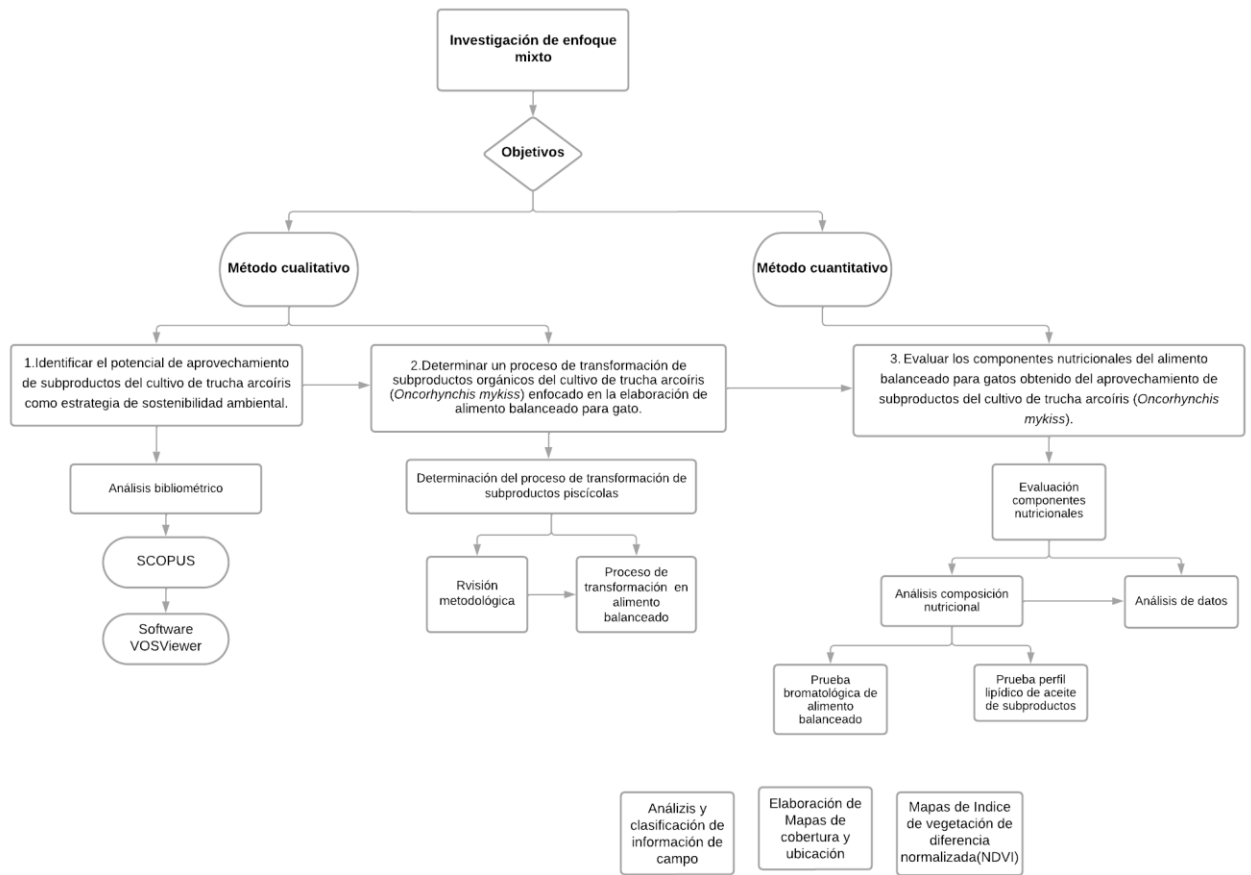
Fuente: Autor

## 9 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que siguió este proyecto corresponde a un método de investigación integral o mixto, teniendo en cuenta procesos cuantitativos (Desarrollo experimental o laboratorio) y cualitativo en el proceso de revisión bibliográfica y la elaboración de un alimento balanceado, el cual consistirá inicialmente en el proceso de revisión bibliográfica para determinar el potencial de aprovechamiento, además en segundo lugar la verificación y replicación de metodologías existentes de los procesos de extracción, tratamiento y aprovechamiento de subproductos piscícolas.

Finalmente utilizando únicamente a los subproductos de la trucha Arcoíris como materia prima y realizando modificaciones en las metodologías existentes, respecto al procesamiento enfocado a la elaboración de alimento balanceado para gatos adultos, se realizó un proceso de evaluación nutricional de los productos obtenidos en base al aprovechamiento para la obtención de alimento balanceado y aceite de pescado. Para el cumplimiento de los objetivos se muestra el proceso metodológico llevado a cabo en la siguiente figura:

**Figura 6** Diseño metodológico



Fuente: Autor

### 9.1 Alcance Investigativo

El alcance de este proyecto corresponde a uno descriptivo, dónde a través de las metodologías existentes en la bibliografía, dónde se buscó establecer un proceso de transformación de subproductos para elaboración de un prototipo de alimento balanceado para gato y determinar las propiedades nutricionales del mismo, resaltando que el alcance del proyecto no va a llegar a su aplicación en dietas animales y tampoco el estudio económico referente a productos aplicados al mercado. Es importante mencionar que este proyecto se

desarrolla en el departamento de Boyacá y su aplicación se da en una de las especies más cultivadas y consumidas en el departamento.

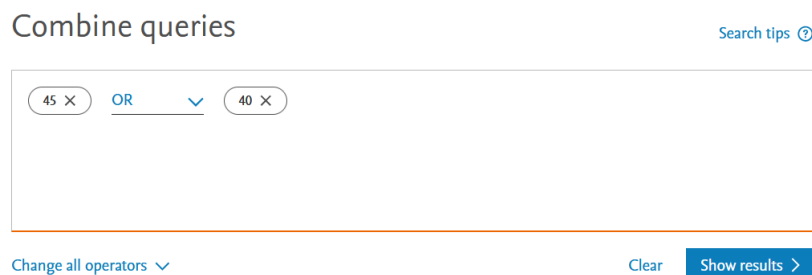
## 9.2 Identificación del potencial de la estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura

### 9.2.1 Análisis bibliométrico de aprovechamiento de subproductos pesqueros

Se realizó un estudio bibliométrico de documentos sobre el aprovechamiento de los subproductos mencionados en la base de datos de Scopus, como referente para la elaboración de alimento balanceado para gato. Se tuvo en cuenta la recopilación y análisis bibliográfico de los artículos y escritos con mayor relevancia en fuentes de información primaria. Se utilizó la técnica de revisión de palabras clave o nubes para establecer relaciones temáticas y análisis de repitencia de las mismas a través de la opción de búsqueda avanzada, por medio de operadores voléanos y palabras clave dentro de los títulos y resúmenes de documentos, utilizando las palabras clave “fish byproducts, trout byproducts, sustainability, subproductos, trucha, acuicultura y sostenibilidad”.

Se realizó un análisis de búsqueda avanzada en la revisión bibliométrica de Scopus, en la cual se realizaron combinaciones de consultas en idioma inglés y español como la Figura 7 Combinación de busqueda en Scopus, mediante ecuaciones con palabras claves para delimitación de documentos de interés (Figura 8 Palabras clave y ecuación de búsqueda en Scopus).


**Figura 7** Combinación de busqueda en Scopus



Fuente: Autor

### **Figura 8** Palabras clave y ecuación de búsqueda en Scopus

```
(( TITLE-ABS-KEY ( "Fish byproducts" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "trout byproducts" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Use" ) OR TITLE-ABS-KEY ( "sustainability" ))) OR (( TITLE-ABS-KEY ( subproductos ) AND TITLE-ABS-KEY ( trucha ) OR TITLE-ABS-KEY ( acuicultura ) AND NOT TITLE-ABS-KEY ( implicaciones ) OR TITLE-ABS-KEY ( sostenibilidad )))
```

Show less 

Fuente: Autor

Adicionalmente a ello, se utilizó el software de licencia libre VOSviewer versión 1.6.20, con el fin de encontrar repeticiones en las palabras clave más relevantes, utilizando un valor de dos para el número de ocurrencias o repitencia entre palabras en los artículos relacionados a la búsqueda de aprovechamiento de subproductos de la industria pesquera y trucha arcoíris, generando mapas de relevancia y conexiones entre palabras.

## **9.3 Determinación del proceso de transformación de subproductos piscícolas**

### **9.3.1 Etapa de revisión metodológica**

Teniendo en cuenta la revisión bibliométrica realizada para la identificación del potencial en base a artículos, trabajos de grado y relacionados referente a los diferentes métodos de aprovechamiento de subproductos piscícolas, se realizó la elección de los principales métodos existentes ajustados a las condiciones de laboratorio y el enfoque en el tratamiento de subproductos de trucha arcoíris para su transformación en alimento balanceado. Este proceso se realizó con el fin de establecer cada etapa del proceso de transformación y cada actividad, realizando un diagrama de procesos de transformación.

El proceso de elaboración de alimento balanceado se realizó teniendo como referencia metodologías existentes del uso de subproductos pesqueros orgánicos de la producción pesquera,

dentro de las cuales se utilizó los procesos de transformación física, tales como procesos de trituración u homogenización, cocción, deshidratación y trituración de las muestras en procesamiento. Este proceso permitió la estimación cuantitativa del peso de los subproductos y los porcentajes de aprovechamiento, así mismo la estimación de porcentajes de pérdida, material seco y húmedo.

### **9.3.2 *Proceso de transformación de subproductos***

#### **9.3.2.1 *Etapas de recolección y clasificación de subproductos de trucha arcoíris***

Se realizó la recolección de subproductos en dos granjas piscícolas de cultivo de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) dentro del departamento de Boyacá, estas se ubican en los municipios de Samacá en la piscifactoría “Santa Rita” y en el municipio de Ventaquemada en límites con Cundinamarca en la piscifactoría “El Edén” como se muestra en la Figura 9 Piscifactoría Santa Rita-Samacá y Figura 10 Piscifactoría El Edén-Ventaquemada, esta se puede observar georreferenciada en la Figura 11 Mapa ubicación granjas piscícolas de trucha arcoíris.

Se recolectaron subproductos de trucha arcoíris clasificados en cuatro categorías, correspondientes a vísceras, agallas, huesos y cabezas, esta clasificación permitió identificar las partes con mayor contenido proteico, grasas, y otros componentes nutricionales clave para el proceso de transformación. Estas muestras fueron recolectadas de acuerdo a las fechas de sacrificio de trucha en cada piscifactoría, procedimiento que se realiza mensualmente para la comercialización de carne de pescado. Se utilizaron únicamente los subproductos generados del mismo día de toma de muestras por efectos de conservación de las propiedades nutricionales, así mismo, para evitar contaminación por bacterias y otros organismos patógenos.

Teniendo en cuenta que en promedio del 100% de la composición total de un individuo de trucha arcoíris, se obtiene un rendimiento de composición de filete comercial con valores

entre 53.14 y 55.21%, para el caso de los subproductos de interés se estima que el porcentaje de aprovechamiento de subproductos respecto al total de un individuo será del 20.24% (García et al., 2004), esta cantidad correspondió al porcentaje de aprovechable de interés para el desarrollo del proyecto.

El procedimiento se realizó a través de un muestreo compuesto en el cual se recolectaron los subproductos generados por las empresa piscícola proveniente de varios estanques, con truchas de 1 libra respectivamente y se formó una muestra compuesta de los subproductos, seguido a esto se almacenaron en bolsas plásticas ziploc para ser llevadas en una nevera portátil para mantener una temperatura de 4°C, con el fin de conservar las propiedades de los subproductos en su etapa de transporte, evitando procesos de descomposición y contaminación para ser llevados al laboratorio para el proceso de transformación, es importante resaltar que la cantidad de subproductos recolectada en cada granja fue de 2.5 kilogramos.

***Figura 9 Piscifactoría Santa Rita-Samacá***



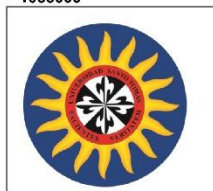
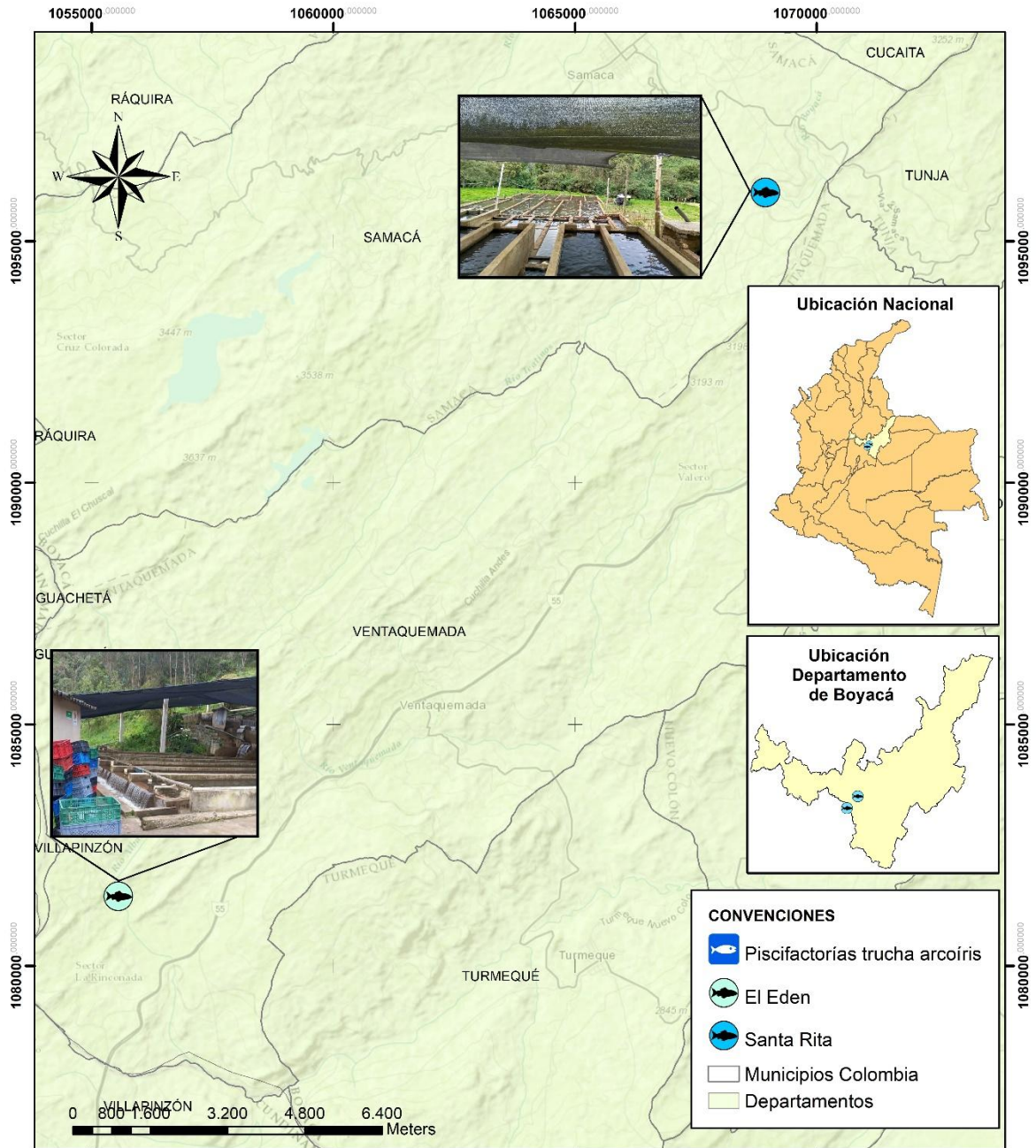
Fuente: Autor

*Figura 10 Piscifactoría El Edén-Ventaquemada*



Fuente: Autor

Figura 11 Mapa ubicación granjas piscícolas de trucha arcoíris



**Nombre Mapa:**  
**UBICACIÓN SITIOS DE MUESTREO EN GRANJAS PISCÍCOLAS DE TRUCHA ARCOÍRIS**

**Institución:**  
 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS-TUNJA  
 MAESTRÍA EN MANEJO Y SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL  
 Juan Sebastián Silva

**Información geográfica**

Projected Coordinate System: MAGNA\_Colombia\_Bogota  
 Projection: Transverse\_Mercator  
 False\_Easting: 1000000,00000000  
 False\_Northing: 1000000,00000000  
 Central\_Meridian: -74,07750792  
 Scale\_Factor: 1,00000000  
 Latitude\_Of\_Origin: 4,59620042  
 Linear Unit: Meter

**Escala:**  
 1 centimeter = 1.000 meters

Fuente: Autor

Para la determinación del proceso de transformación de los subproductos de trucha arcoíris, se siguió el siguiente proceso:

**Figura 12.** Diagrama metodológico para elaboración de alimento balanceado



Fuente: Autor

Adicionalmente para el análisis de esta información sobre el proceso de transformación de los subproductos, se realizó un diagrama de procesos para la transformación de los subproductos, además para cuantificar el proceso de transformación se realizó el cálculo de pérdida de humedad y porcentajes de aprovechamiento de los subproductos transformados, teniendo en cuenta la Ecuación 1 Cálculo porcentaje de humedad muestras y Ecuación 2 Cálculo porcentaje sólidos de muestra.

**Ecuación 1** Cálculo porcentaje de humedad muestras

- $$\%Humedad = 100 - \left( \left( \frac{\text{Peso recipiente con muestra seca} - \text{Peso recipiente vacío}}{\text{Peso muestra húmeda}} \right) * 100 \right)$$

**Ecuación 2** Cálculo porcentaje sólidos de muestra

- $$\% \text{ Sólidos totales de muestra} = 100 - \% \text{ humedad muestras}$$

### **9.3.3 Extracción de aceite de subproductos de trucha arcoíris**

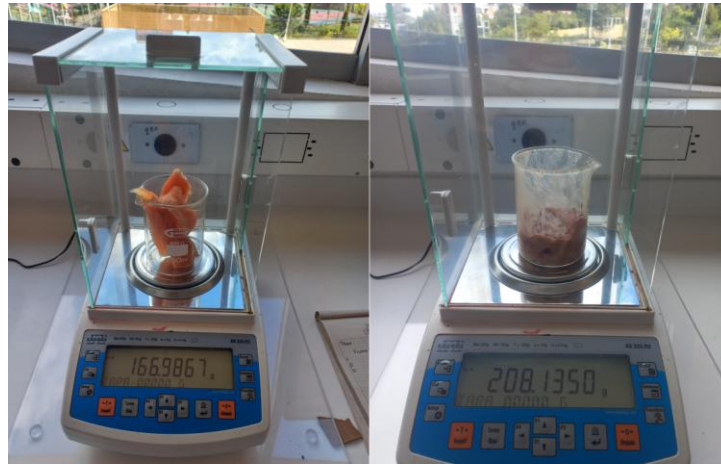
Dentro del proceso de tratamiento se tuvo en cuenta la separación de la masa sólida de la líquida como se menciona anteriormente, en este caso para facilitar y estudiar la extracción de aceite de las muestras de los subproductos de huesos, cabezas, vísceras y agallas, se tuvo como referente las metodologías propuestas por (Bonilla-Méndez & Hoyos-Concha, 2018) enfocado a la extracción de aceite de pescado en vísceras de trucha arcoíris con el método Soxhlet anteriormente utilizado en otras aplicaciones de subproductos pesqueros.

#### **9.3.3.1 Preparación de muestras**

El método que utilizó para la extracción del aceite fue la separación a través del método Soxhlet, el cual se compone de un proceso de extracción química con solvente de éter de petróleo, este proceso consta de etapas de secado de muestras, trituración, pesaje, filtración y puesta en marca en el equipo de destilación Soxhlet con temperatura, también etapas de recuperación de solvente y recuperación de aceite de pescado.

En primer lugar, se realizó un proceso de pesaje de las muestras húmedas (Figura 37) Proceso de mezcla de ingredientes del alimento balanceado, usando 500 gramos para cada muestra de cabezas, vísceras y espinas, utilizando un horno marca BINDER con una temperatura de 150°C en un lapso de tiempo de 6 horas, este proceso se realizó para disminuir el contenido de humedad de las muestras. En segundo lugar, se realizó el proceso de trituración del material seco para prepararlas para el proceso de extracción de aceite como se ve en la Figura 14 Proceso trituración muestras secas para extracción de aceite.

*Figura 13* Proceso de pesaje muestras húmedas para extracción de aceite



Fuente: Autor

*Figura 14* Proceso trituración muestras secas para extracción de aceite



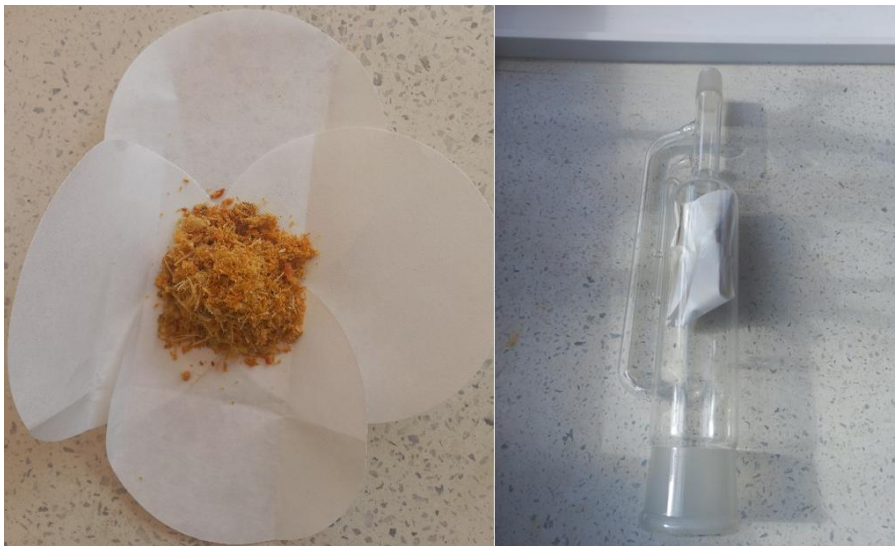
Fuente: Autor

### **9.3.3.2 Proceso de extracción Soxhlet**

Para la extracción de aceite, se separaron diez gramos de cada muestra (la capacidad del equipo de extracción de aceite), los cuales fueron puestos entre papel o discos de filtración marca BOECO. Teniendo la muestra dentro del papel, este fue doblado para contener el material orgánico sólido y realizar posteriormente el proceso de filtración con el solvente, seguido a esto

se añadió el papel filtro con la muestra de dentro del sifón como se muestra en la Figura 15  
Proceso de adición de muestras al proceso de destilación Soxhlet, posteriormente se realizó el montaje del equipo de destilación Soxhlet de referencia 98-1-C, como se muestra en la Figura 16  
Montaje equipo de destilación Soxhlet, este montaje se compone de diferentes partes como el calentador, matraz para solventes, sifón, cartucho de muestra, extractor, adaptador de expansión, refrigerante con entrada y salida de agua, estas partes se muestran en la Figura 17 Diagrama de partes del equipo de extracción Soxhlet.

***Figura 15*** Proceso de adición de muestras al proceso de destilación Soxhlet



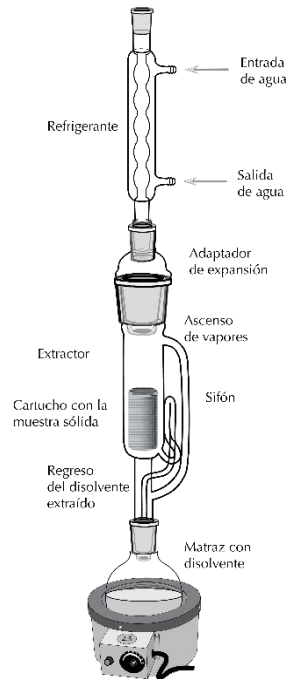
Fuente: Autor

*Figura 16 Montaje equipo de destilación Soxhlet*



Fuente: Autor

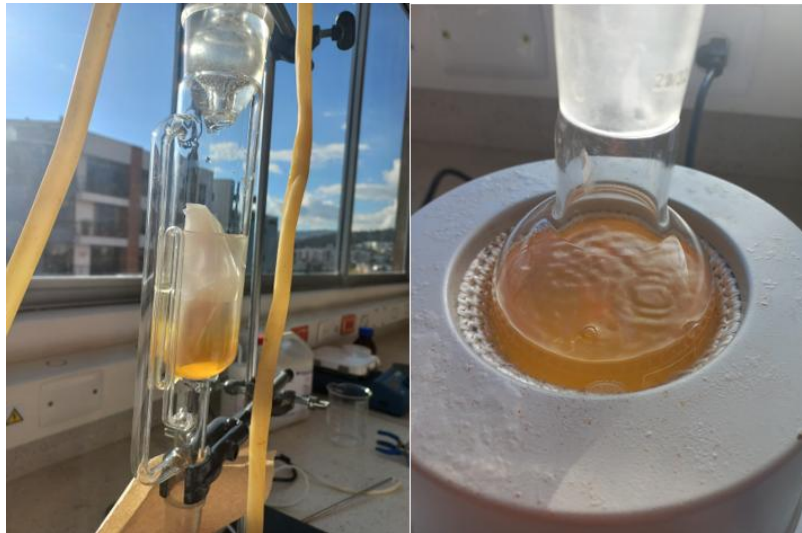
**Figura 17** Diagrama de partes del equipo de extracción Soxhlet



Fuente: (Isac-García et al., 2016)

En el proceso de extracción se utilizó una cantidad de 500 ml de éter de petróleo (Sahena et al., 2010) como solvente y fue adicionado al matraz, el proceso de extracción del aceite de pescado de las diferentes muestras tuvo una temperatura de 20°C en un lapso de tiempo de 4 horas, repitiendo el mismo proceso para cada muestra de (Visceras, cabezas, espinas). Este proceso de calentamiento y extracción se puede ver en la Figura 18 Proceso de destilación en funcionamiento.

**Figura 18** Proceso de destilación en funcionamiento



Fuente: Autor

Para la estimación específica del porcentaje de aprovechamiento de subproductos para elaboración de aceite se utilizó la **Ecuación 3** Cálculo porcentaje grasa extracto seco de muestras y **Ecuación 4** Cálculo porcentaje de extracto húmedo de muestras respectivamente.

*Ecuación 3* Cálculo porcentaje grasa extracto seco de muestras

- $$\% \text{ Grasa extracto seco} = \left( \frac{\text{Peso recipiente con muestra de aceite} - \text{Peso recipiente vacío}}{\text{Peso muestra seca}} \right) * 100$$

*Ecuación 4* Cálculo porcentaje de extracto húmedo de muestras

- $$\% \text{ Grasa Extracto Húmedo} = \left( \frac{\% \text{ Sólidos totales de muestra}}{100} \right) * \% \text{ Grasa extracto seco}$$

## 9.4 Evaluación de los componentes nutricionales

### 9.4.1 Análisis de composición nutricional

Se realizó una prueba bromatológica de alimentos para el concentrado elaborado bajo la metodología expuesta anteriormente, para determinar el contenido físico-químico del producto

de concentrado para dieta animal para conocer la calidad nutricional del alimento respecto a los requerimientos de animales domésticos (Gatos), además de ello evaluar el contenido de grasas, proteínas, humedad, fibra, fósforo, calcio y otras variables similares. Este análisis bromatológico, se realizó en el laboratorio Alianza para la Inocuidad (API) de análisis de alimentos de la ciudad de Zipaquirá-Cundinamarca.

Finalmente, para el análisis nutricional del aceite de pescado extraído, por medio de una prueba de perfil lipídico para extracción de aceite en el laboratorio Alianza para la Inocuidad (API), teniendo en cuenta variables como ácidos grasos, omega 3, omega 6, omega 9, grasas saturadas, mono insaturadas, grasas trans, grasa polinsaturada y otros relacionados.

#### ***9.4.2 Análisis de datos del alimento balanceado***

Para la evaluación nutricional sobre la composición del alimento seco y sus diferentes nutrientes para el producto de alimento balanceado y su enfoque en la alimentación de felinos, tuvo en cuenta una metodología de diseño experimental, basado en un análisis estadístico (Montgomery, 2004) correspondiente a una la metodología de regresión lineal múltiple en el Software Estadístico Minitab, para evaluar estadísticamente las variables de distribución porcentual de los ingredientes utilizados en el alimento balanceado y estos se utilizaron como variable independiente en el eje Y, dónde también se utilizaron los valores de los resultados nutricionales de la prueba bromatológica como variable dependiente en el eje X, teniendo en cuenta los parámetros de proteína, hidratos de carbono, minerales y humedad, los cuales se compararon respecto a los porcentajes de ingredientes del alimento balanceado realizado, buscando establecer la dependencia entre los ingredientes suministrados frente a los valores nutricionales obtenidos y cuál de los ingredientes explica o predice mejor los porcentajes

nutricionales del alimento balanceado, también la evaluación del error del modelo y generación de gráficas de tendencia, residuo, probabilidad y orden.

## 10 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 10.1 Identificación del potencial de la estrategia de sostenibilidad ambiental en la piscicultura

Esta búsqueda utilizando combinación de palabras en idioma inglés y búsqueda de documentos en español, dónde se tuvo como resultado un total de 32 documentos y también 167 patentes relacionadas a la búsqueda, teniendo como referente la siguiente ecuación de búsqueda:

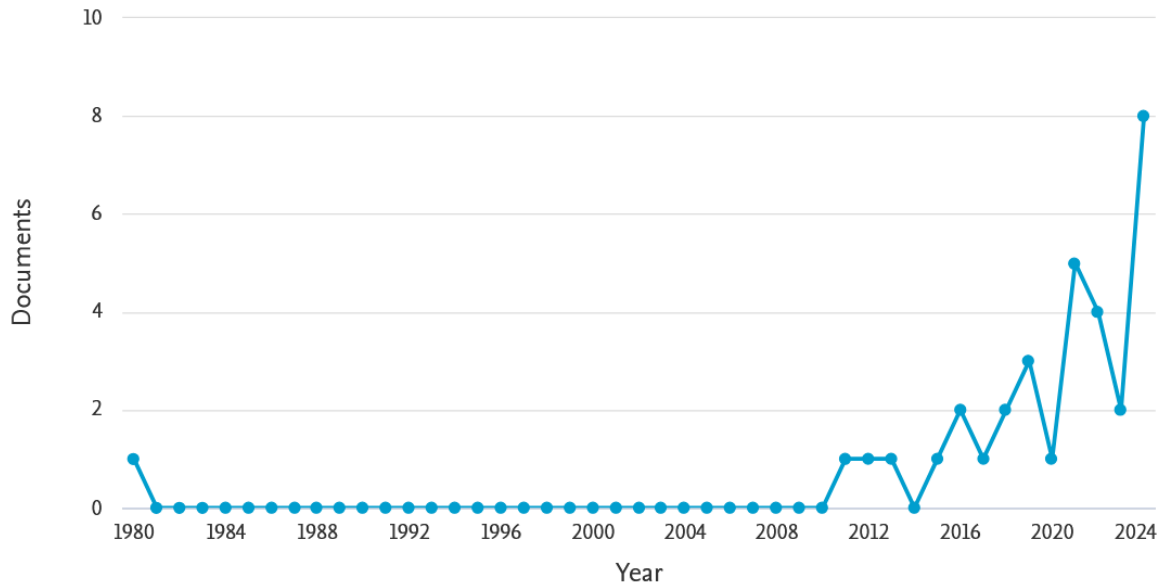
Ecuación 5. Búsqueda avanzada en Scopus

(( TITLE – ABS – KEY ( "**Fish byproducts**" ) OR TITLE – ABS  
– KEY ( "**trout byproducts**" ) AND TITLE – ABS  
– KEY ( "**Use**" ) OR TITLE – ABS  
– KEY ( "**sustainability**" ) ) ) OR ( ( TITLE – ABS  
– KEY ( **subproductos** ) AND TITLE – ABS – KEY ( **trucha** ) OR TITLE  
– ABS – KEY ( **acuicultura** ) AND NOT TITLE – ABS  
– KEY ( **implicaciones** ) OR TITLE – ABS – KEY ( **sostenibilidad** ) ) )

Las publicaciones relacionadas a los criterios de búsquedas por palabras clave, tuvieron como resultado un rango de tiempo entre 1980 hasta 2024 respectivamente, pero resaltando que desde el año 2011 hubo un aumento en la generación de estudios, consecuente a lo anterior en el año 2021 se realizaron 5 investigaciones y fue el segundo año con más documentos publicados, finalmente para el año 2024 se tuvo el mayor número de publicaciones con un valor de 8. La Figura 19 Resultado de producción de documentos anualmente sobre el uso de subproductos

pesqueros muestra una tendencia en el aumento de investigaciones desde el año 2011, las cuales tienen dentro de sus palabras claves o relación con título o resumen las palabras de sostenibilidad, acuicultura y subproductos, trucha o peces.

**Figura 19** Resultado de producción de documentos anualmente sobre el uso de subproductos pesqueros

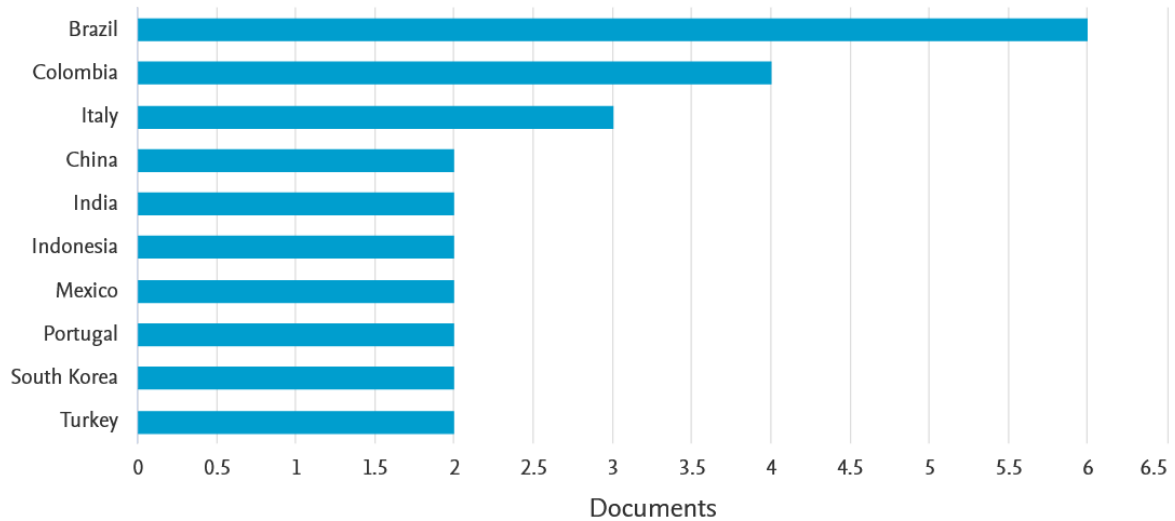


Fuente: (Scopus, 2024)

La procedencia de los documentos por territorio como se observa en la Figura 20 Producción de documentos por país sobre subproductos acuicolas , muestra como de los 15 países que tienen estudios referentes a las palabras clave, solo 10 de ellos tienen más de una publicación , entre ellos se muestra como resultado que Brasil es uno de los países que tiene una mayor producción de estudios relacionados al uso de los subproductos pesqueros con un total de 6 publicaciones, seguido a este Colombia es el segundo país que tiene mayor producción de estudios relacionados a subproductos pesqueros y de trucha arcoíris con total de 4 publicaciones. Italia es el tercer país respectivamente con 3 publicaciones y continua sucesivamente con dos

publicaciones en países como China, India, Indonesia, México, Portugal, Corea del sur y Turquía.

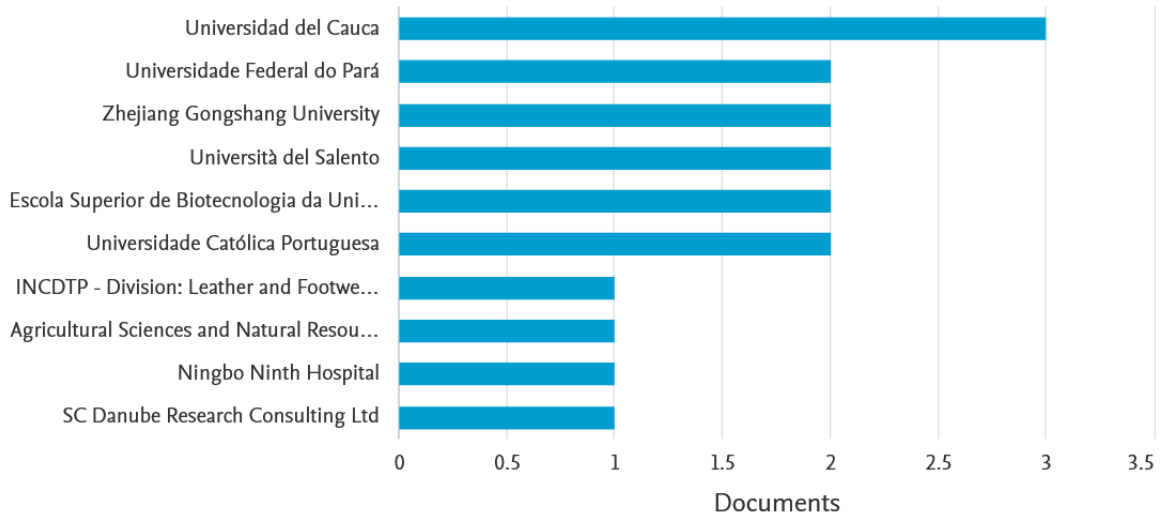
**Figura 20** Producción de documentos por país sobre subproductos acuicolas



Fuente: (Scopus, 2024)

Las 15 instituciones universitarias que se encuentran dentro de la producción bibliográfica relacionada a las palabras clave, tienen como resultado que la Universidad del Cauca es la que más publicaciones tiene referente al tema con un total de 3 documentos como se muestra en la Figura 21 Producción de documentos por institución. En segundo lugar, con dos documentos publicados cada una se encuentran la Universidad Federal do Pará, la Universidad Zhejiang Gongshang, Universidad de Salento y la Escuela Superior de Biotecnología de la Universidad Católica Portuguesa. Las demás universidades cuentan con una sola publicación, entre ellas la Universidad de Ciencias de la Agricultura y Recursos Naturales, Universidad Federal de Río Grande, Universidad Autónoma de Baja California, Universidad Autónoma del Estado de México, también Instituto Central de Tecnología de Alimento de la India, el Instituto Politécnico de Coimba entre otros.

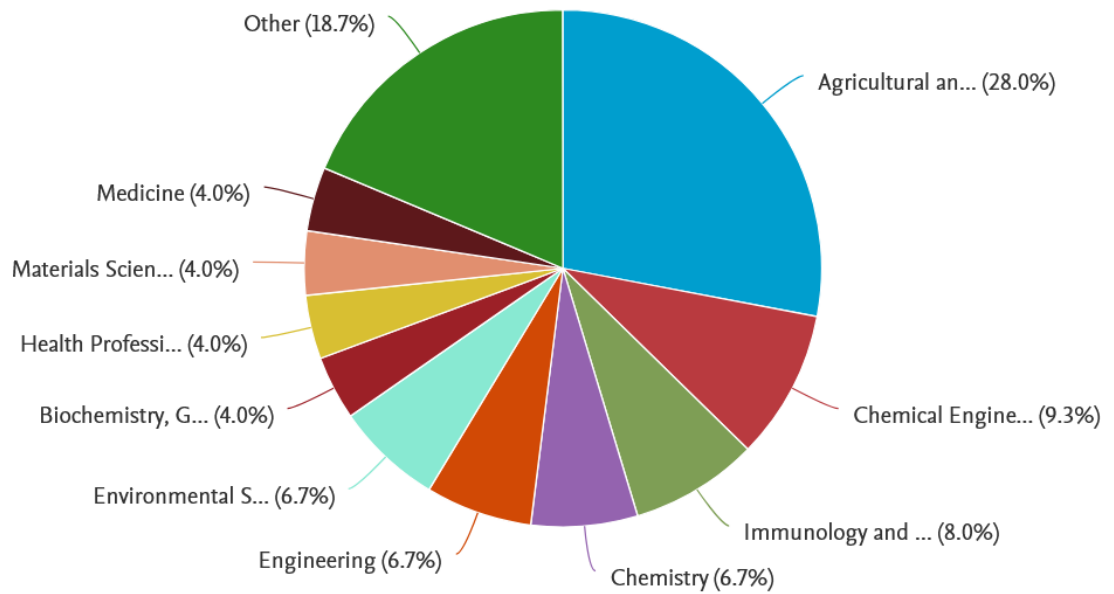
**Figura 21** Producción de documentos por institución



Fuente: (Scopus, 2024)

Las áreas de conocimiento de las investigaciones relacionadas a los criterios de búsqueda se muestran de la siguiente forma en la Figura 22 Áreas de conocimiento de la revisión bibliométrica:

**Figura 22** Áreas de conocimiento de la revisión bibliométrica



Fuente: (Scopus, 2024)

Se tiene como resultado que la mayoría de estudios con un total del 28% corresponden al área de Agricultura y Ciencias Biológicas, en segundo lugar se encuentra el 18% se encuentran en otras áreas temáticas como Farmacología, Ciencias de la Tierra, Energía entre otras. En tercer lugar con un 9,3% esta el área de Ingeniería Química, seguido de áreas como la Inmunología y Microbiología (8%), Química (6,7%), Ingeniería (6,7%), Medio Ambiente (6,7%), Bioquímica (4%), Profesiones de la Salud (4%), Ciencias de Materiales (4%) y Medicina (4%).

Los métodos más relevantes de la búsqueda bibliográfica en scopus se observa en la siguiente tabla:

**Tabla 5** Resultado revisión de métodos de aprovechamiento de subproductos

<i>N</i>	<i>Título del documento</i>	<i>Año</i>	<i>Método de uso de subproductos</i>
1	Biología de fermentación aplicada a subproductos de la industria de procesamiento de pescado: Información nutricional y funcional	2024	Fermentación de subproductos del pescado a través de microorganismos(Krotova et al., 2024)
2	Preparación enzimática, análisis molecular en profundidad y simulación de digestión in vitro de triacilgliceroles de aceite de pescado enriquecidos con ácido palmitoleico ( $\omega$ -7)	2024	Reacción enzimática para sintetizar triacilgliceros puros (TAG) con un alto contenido de ácido palmitoleico (POA) utilizando aceite de subproducto de pescado.(Ge et al., 2024)

3	<p>El potencial del tratamiento de extracción de bellotas en PUFAs</p> <p>Estabilidad oxidativa: Estudio de caso sobre la cocina de pescado de aguas residuales</p>	2024	<p>Análisis de ácidos grasos (FA) para el estudio de fracción de aceite de las aguas residuales de cocina de sardina (SCW)(Araújo-Rodrigues et al., 2024).</p>
4	<p>Extraction de colágeno de pescado por producto utilizando diferentes métodos y su aplicación</p>	2024	<p>Extracción de colágeno de subproductos de peces con técnicas como el colágeno ácido-soluble (ASC), colágeno soluble enzimático (ESC), extracción de ultrasonido, extracción de disolvente eutéctico profundo (DES) y extracción de líquidos supercríticos (SFE)(Gaikwad &amp; Kim, 2024).</p>
5	<p>Valorización sostenible de los subproductos de peces para extracción a la gelatina y el aceite de pescado mediante extracción hidrotermal</p>	2024	<p>Extracción hidrotermal en procesos de extracción simultánea de gelatina y aceite a partir de subproductos de pescado(Adnan et al., 2024)</p>
6	<p>Subproductos de pescado como una proteína</p> <p>Fuente: Una revisión crítica de la proteína de pescado concentrado</p>	2024	<p>Revisión sobre la fabricación de concentrado de proteína de pescado (FPC) en la industria con subproductos de pescado(Zatta Cassol et al., 2024)</p>
7	<p>Aislamiento y caracterización de colágeno de piel de salmon</p>	2024	<p>Obtención de colágeno en pieles de salmón con combinación de procesos químicos (ácidos) y enzimáticos (proteasa), utilizando</p>

	(salmo salar) usando la enzima de papaina		la papaína en el tratamiento enzimático(Afifah et al., 2024).
8	Biofermentación mediada por Bacillus cereus de residuos de Sardina offal: Un enfoque novedoso para mejorar el valor nutricional por la optimización de la metodología de superficie de respuesta	2024	Fermentación de estado sólido (SSF) con Bacillus cereus (MT355408) para mejorar el valor nutricional de los residuos de pescado de sardina(Ann Samuel & A, 2024).
9	Cuero de pescado hidrofóbico y resistente al agua: una combinación totalmente sostenible de biomasa desechada y subproductos de la industria alimentaria	2024	Elaboración de cuero hidrofóbico de pescado mediante recubrimientos con aceite de soja epoxidizado y el trimer de ácidos grasos Pripol(Fadda et al., 2023).
10	Influencia de extracción sin disolventes de aceite de pescado de cabezas de bagre (Clarias magur) usando un diseño de matriz ortogonal de Taguchi: Enfoque cualitativo y cuantitativo	2023	Extracción de aceite con método de renderizado húmedo sin químicos (Temperatura), un enfoque libre de disolventes, utilizando un diseño de matriz ortogonal Taguchi (Dave et al., 2023).
11	Colágeno de piel de tilapia derivado de acuaponia para el desarrollo de biomateriales	2022	Extracción de aceite de tilapia utilizando métodos de transformación física y química, técnica de centrifugación y ciclo electroforético(Gallo et al., 2022).

12	Subproducto del esqueleto de <i>Cyprinus carpio</i> como fuente de colágeno para la preparación de gelatina	2022	Diseño experimental Taguchi con dos factores de proceso (concentración de HCl durante la desmineralización del material inicial y la cantidad de enzima durante el acondicionamiento enzimático del colágeno)(Gál et al., 2022).
13	Aplicación de tecnologías emergentes para la obtención de lípidos valiosos a partir de subproductos alimentarios	2022	Procesos de extracción a través de técnicas de ultrasonido (EAU), extracción asistida por microondas (MAE) o extracción de fluidos supercríticos (SFE)(del Río et al., 2022).
14	Usos desperdicios de trucha ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) para la producción de alimento extruído para peces	2022	Método de cocción por extrusión para procesamiento de mezcla y formación de material granulado para complemento nutricional (Harina de protehina hidrolizada)(Hoyos-Concha et al., 2022).
15	Materiales sostenibles a partir de residuos de la industria pesquera para sistemas de energía electroquímica	2021	Métodos de calcinación, extracción de subproductos pesqueros para obtención de carbón poroso para electrodos para el uso en baterías de iones de litio (LIBs), baterías de ion de sodio (NIB), baterías de litio-sulfuro (LSBs)(Lionetto et al., 2021).
16	Comercio internacional de subproductos	2021	Revisión sobre el comercio internacional de subproductos de

	pesqueros amazónicos: amenazas y oportunidades para los medios de vida costeros		pesqueros amazónicos (Jimenez et al., 2021).
17	Extracción de proteínas de espinas de pescado asistida por explosión de vapor y efecto de la hidrólisis enzimática en los extractos.	2021	Métodos de pretratamientos hidrotérmicos, extracción asistida por vapor, extracción de presión en caliente y hidrólisis enzimática sobre las propiedades de la proteína.(Dong et al., 2021)
18	El impacto de los recubrimientos innovadores sin gluten en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de los nuggets de pescado	2021	Uso de recubrimiento de harinas de tacónca y coco para modificación físico química de productos de pescado(Silva et al., 2021).
19	Fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido producido por fermentación con ácido láctico utilizando subproductos de trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	2020	Procesos de hidrólisis y fermentación del ácido láctico para desarrollar fertilizante líquido.(Florez Jalixto et al., 2020)
20	Producción artesanal de camarón ( <i>Litopenaeus vannamei</i> ) en jaulas flotantes en el mar y policultivo con ostra ( <i>Crassostrea gigas</i> )	2019	Uso de subproductos de pescado frescos para alimnetación de cultivos de camarón(Radulovich & Fuentes-Quesada, 2019).
21	Desarrollo de un bioadhesivo absorbible para tejidos blandos a base de	2019	Métodos de cromatografía líquida de alta presión, Ospecoscopia infrarroja de

	extracto de subproducto de pescado		transformación de más alta y espectroscopia de rayos X de energía dispersiva(Kim et al., 2019).
22	Aceite de desecho de pescado en gallinas ponedoras* Dietas	2019	Uso de aceite de subproductos de pescado en dieta de gallinas(Brelaz et al., 2019).
23	Subproductos de los procesos acuícolas: Desarrollo y usos prospectivos. Revisión	2018	Métodos de hidrólisis proteica de subproductos pesqueros(Sierra Lopera et al., 2018).
24	Películas emulsionadas producidas con proteínas extraídas de subproductos de corvina blanca: desarrollo y caracterización	2018	Uso de proteínas liofilizadas de miofibrilar (LMP), ácido steórico (SA) y método de fundición.(Vieira et al., 2018)
25	Vigilancia tecnológica en subproductos de la agroindustria pesquera.	2017	Revisión de métodos de proteína hidrolizada, formulación de alimentos concentrados y probióticos en Colombia(Zartha et al., 2017).
26	Substitución total y parcial de harina de pescado por subproductos avícolas (Grado mascota) sólo y enriquecido con ensilaje ácido de pescado, en alimentos acuícolas para alevines de trucha	2016	Método de ensilaje de pescado de subproductos de trucha arcoíris (Barreto-Curiel et al., 2016)

27	<p>Evaluación de la tecnología de ensilaje como método de recuperación de aceite de subproductos de trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)</p>	2016	<p>Métodos de ensilado biológico, ácido y enzimático, ensilaje biológico se preparó añadiendo bacterias de ácido láctico, ensilaje ácido se preparó añadiendo ácido fórmico y el ensilaje enzimático se obtuvo añadiendo papaína(A. Muñoz et al., 2016).</p>
28	<p>Determinación de perfiles de ácidos grasos y actividades esterases en las branquias y gónadas de <i>Vimba vimba</i> (L., 1758)</p>	2015	<p>Método PAGE nativo para evaluación de ácidos grasos, actividades de esterasa y patrones de bandas. (Görgün &amp; Zengin, 2015)</p>
29	<p>Pieles de esturión: un recurso valioso para la industria del cuero de lujo</p>	2013	<p>Transformación de piel de esturión en artículos comerciales de moda, propiedades físico-químicas(Bitlisli &amp; Basaran, 2013).</p>
30	<p>Estudio sobre algunas propiedades de los colágenos solubles en ácido aislados de piel y espinas de pescado de trucha arcoíris (<i>Onchorhynchus mykiss</i>)</p>	2012	<p>Aislamiento de colágeno soluble en ácido (ASC) de los subproductos (Piel y huesos)(Tabarestani et al., 2012).</p>
31	<p>Solubilización de proteínas y aminoácidos utilizando <i>Bacillus cereus</i>, <i>Bacillus velesensis</i> y <i>Chryseobacterium</i> sp. de residuos de proteínas de extracción química</p>	2012	<p>Hidrolización y uso de proteasas bacterianas y fermentación de proteínas(Martins et al., 2011).</p>

Utilización de la proteína proveniente de subproductos agropecuarios en la alimentación de la trucha arco iris durante el período de alevinaje

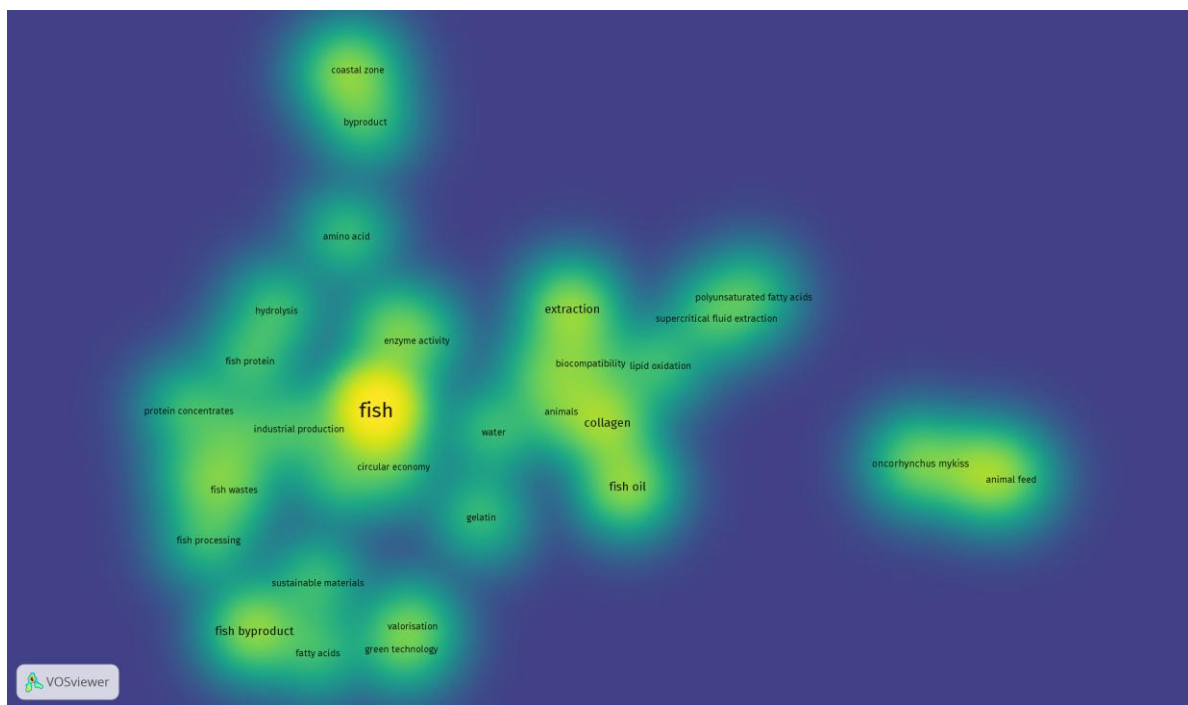
1980      Uso de proteínas de origen agropecuario (J. Grumberg et al., 1980)

Fuente: Autor

### 10.1.1 Resultados Software VOSview

La búsqueda de repitencia de palabras clave entre artículos se puede observar en la Figura 23 Mapa de densidad de palabras clave, Figura 24 Visualización de red de palabras y Figura 25 Visualización de temporalidad de palabras.

**Figura 23** Mapa de densidad de palabras clave

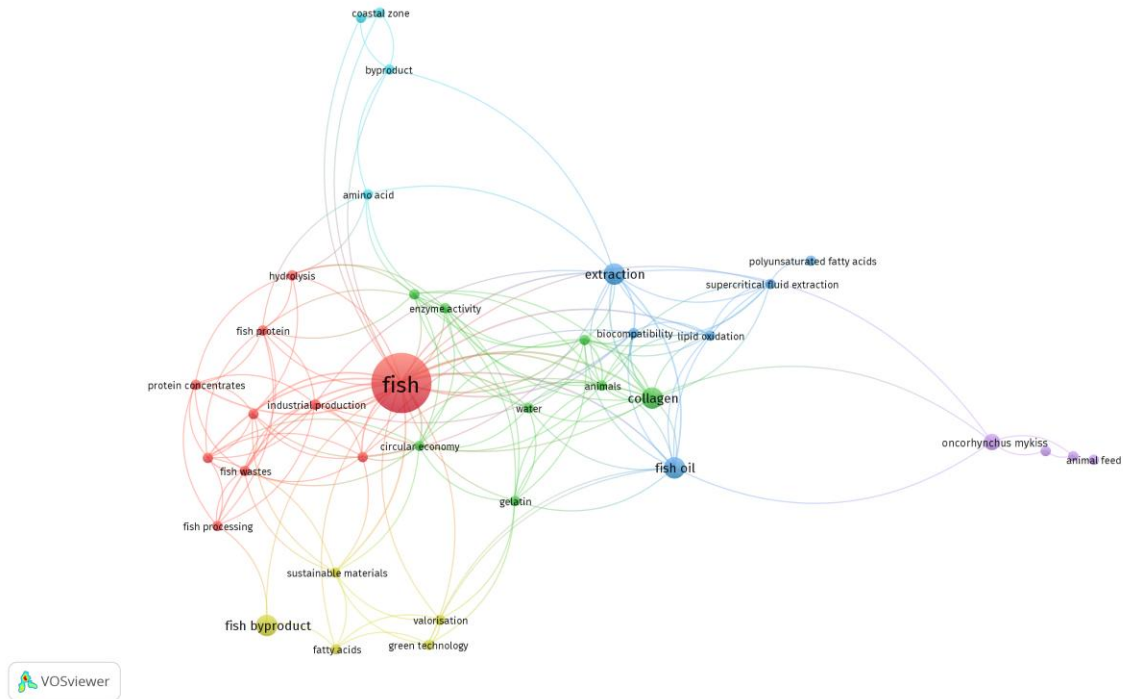


Fuente: Autor

El mapa de calor tiene como resultado que la palabra con mayor repitencia entre estudios es “Fish”, seguido de palabras como “Collagen”, “Extraction”, “Fish oil”, “Fish byprocuts” y “*Oncorhynchus mykiss*”. Las palabras que menos se repiten hacen referencia a diferentes tipos de

aprovechamiento, tales como la hidrólisis, concentraciones de proteína, extracción, gelatina, tecnología verde, ácidos grasos, procesamiento de pescado, extracción de fluidos supercríticos y alimentación animal.

**Figura 24** Visualización de red de palabras



Fuente: Autor

La visualización de redes muestra que la palabra “Fish” es la que tiene mayor relevancia en la conexión de otras palabras, dónde se relaciona directamente con la industria productiva, proteína de pescado, hidrólisis, concentración de proteína, residuos de pescado y procesamiento de pescado. En segundo lugar, se encuentran palabras importantes como “Fish byproduct”, relacionado con otras redes como materiales sostenibles, valorización, ácidos grasos y tecnologías verdes, otras redes muestran formas de aprovechamiento de subproductos, dónde las palabras “Extraction” y “Fish oil” están conectadas a redes de palabras como biocompatibilidad, oxidación de lípidos, extracción de fluidos supercríticos y ácidos grasos polisaturados.



La revisión bibliométrica tuvo como resultado diferentes tipos de aprovechamiento según los documentos revisados, donde algunos tipos de aprovechamiento son más utilizados que otros como lo muestra la Figura 26 Tipos y potencial de aprovechamiento de los subproductos de pescado. Se tiene como resultado que los aprovechamientos que más tienen prevalencia y potencial son el uso en alimentación u desarrollo de concentrados para destino animal principalmente, el cual representa una de las aplicaciones más relevantes y emergentes para su aprovechamiento, el otro corresponde a la extracción de aceite de pescado para diferentes aplicaciones, la tercera aplicación más repetida fue la obtención de colágeno, seguido de la elaboración de ensilajes y productos de marroquinería, también se encuentran escritos relacionados a la revisión tecnológica sobre los aprovechamientos de subproductos pesqueros, es importante resaltar practicas innovadoras como la creación de bio adhesivos, fertilizantes, biomateriales y otros.

**Figura 26** Tipos y potencial de aprovechamiento de los subproductos de pescado



Fuente: Autor

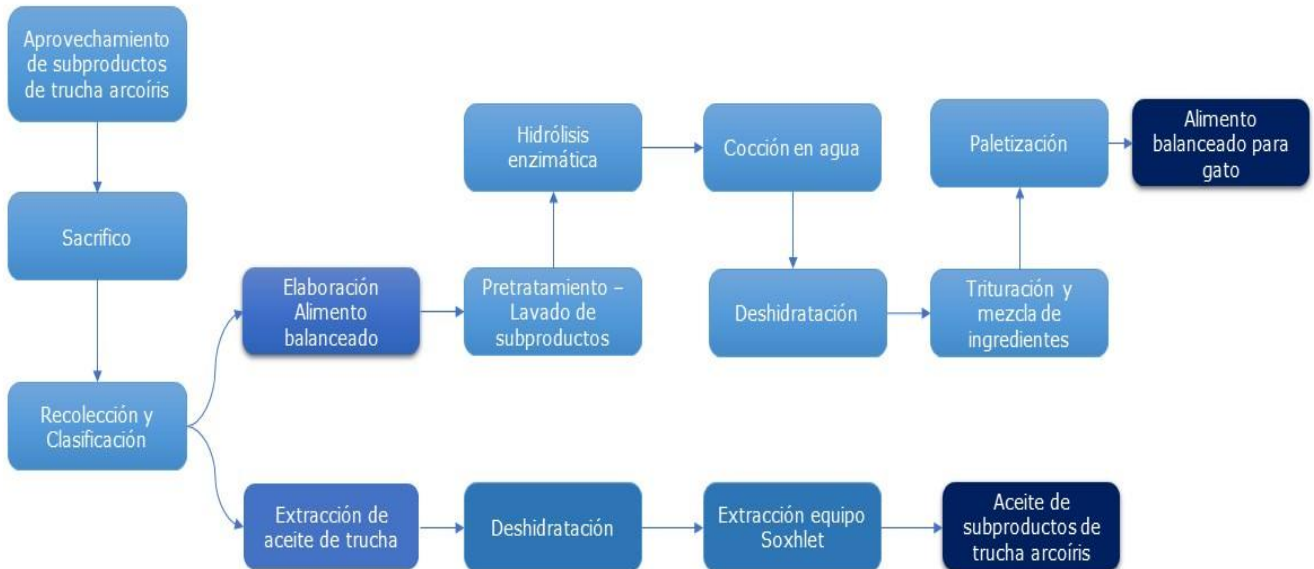
## 10.2 Proceso de transformación de subproductos del cultivo de trucha arcoíris

### 10.2.1 Obtención de alimento balanceado

Para la transformación de los subproductos se determinaron los siguientes procesos de transformación de los subproductos de trucha arcoíris, donde la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** es el proceso metodológico considerado adecuado y pertinente para el desarrollo del alimento balanceado con una distribución nutricional adecuada en cuanto a proteínas, carbohidratos, minerales y vitaminas, resaltando que anteriormente se desarrollaron prototipos de concentrado y pruebas que no fueron tenidas en cuenta dentro de los resultados por sus bajos aportes nutricionales al objetivo de aplicación en alimentación felina, esta prueba de

concentrado no tenida en cuenta se muestra en el Anexo 1 Ensayo descartado de alimento balanceado, el diagrama de procesos resultante se expresa de la siguiente forma:

*Figura 27. Diagrama de procesos de transformación de subproductos de trucha arcoiris*



Fuente: Autor

De acuerdo a las metodologías revisadas y elegidas del anterior diagrama, se desarrolló el siguiente proceso:

### **10.2.1.1 Pretratamiento**

El procesamiento de los subproductos inicio con un pretratamiento, el cual consistió en la limpieza y lavado con agua, especialmente las vísceras y agallas, para remover las heces fecales de intestinos de las vísceras y mejorar la inocuidad del producto, por ello se realizó limpieza manual de las muestras con agua y se pesó posteriormente en una balanza marca SILVER MAX,

como se muestra en la Figura 28 Lavado de subproductos para preparación de alimento balanceado y Figura 29. Pesaje de subproductos húmedos.

**Figura 28** Lavado de subproductos para preparación de alimento balanceado



Fuente: Autor

**Figura 29.** Pesaje de subproductos húmedos



Fuente: Autor

### 10.2.1.2 Hidrólisis enzimática

Se realizó un procesamiento biológico de los subproductos orgánicos, dónde se tuvo en cuenta la metodología de (Mazo, 2020) y (A. Muñoz et al., 2016) respecto al uso de la enzima papaína, para el mejoramiento de las propiedades proteicas de los mismos. Este proceso microbiológico se compone de un tratamiento enzimático a través de la adición de papaína proveniente de cascaras de papaya, la cual fue escogida en frutos de papaya, con un grado de maduración bajo (40%) según (Barón & García, 2013) y como se muestra en la Figura 30 Adición de cascaras de papaya para tratamiento enzimático, utilizando 500 gr de cáscaras cada 2 kilos de subproductos, para trituration y adición a los recipientes de almacenamiento de los subproductos de trucha en un lapso de tiempo de tratamiento de 6 horas.

De esta manera se buscó iniciar el proceso de tratamiento enzimático para aumentar el grado maduración de los subproductos mediante el rompimiento de enlaces proteicos de los mismos dentro de un recipiente cerrado herméticamente.

**Figura 30** Adición de cascaras de papaya para tratamiento enzimático



Fuente: Autor

### 10.2.1.3 Proceso de cocción

Posteriormente a lo anterior, los subproductos tales como vísceras y agallas fueron llevados a un proceso de cocción en agua a una temperatura de 95 grados centígrados en un lapso de tiempo de 20 minutos (Figura 31 Cocción en agua de subproductos). Consecuentemente, se separaron los sólidos y líquidos del recipiente, se pesaron nuevamente para estimar las pérdidas de humedad y se almacenaron los líquidos de la cocción.

*Figura 31 Cocción en agua de subproductos*



Fuente: Autor

### 10.2.1.4 Proceso de deshidratación

Finalizado el proceso de cocción en agua y pesaje, se realizó un proceso de deshidratación en un horno de laboratorio marca SIMIN, dónde se almacenaron las vísceras y agallas (Figura 32 Proceso de cocción en horno de subproductos) , además se añadió de igual forma al proceso de cocción los huesos pertenecientes a los subproductos (Columnas vertebrales) como se observa en la Figura 33 Subproductos cocidos , los cuales se secaron a una temperatura de 160°C durante un lapso de tiempo de 6 horas para las vísceras y agallas, en el caso de los huesos se secaron a una temperatura de 160 °C en un lapso de tiempo de 30 minutos, para

disminuir la humedad de los subproductos y generar un material sólido seco. Teniendo los subproductos secos (Figura 34 Visceras y agallas secas y Figura 35. Huesos de trucha secos), se realizó un pesaje posterior a la cocción y además una trituraron de los mismos hasta realizar material fino en forma de harina.

***Figura 32*** Proceso de cocción en horno de subproductos



Fuente: El estudio

*Figura 33 Subproductos cocidos*



Fuente: Autor

*Figura 34 Visceras y agallas secas*



Fuente: Autor

*Figura 35. Huesos de trucha secos*



Fuente: Autor

#### **10.2.1.5 Ingredientes base del alimento balanceado**

Dentro de los ingredientes base del alimento balanceado para gato, se tuvo como principal ingrediente proteico los subproductos de trucha arcoíris, estos mismos utilizados deshidratados en su totalidad (como fuente de proteína animal), junto con otros ingredientes clave como cereales (harina de trigo), grasas (aceites de trucha arcoíris), fibras como la harina de avena y guisantes para complemento de vitaminas/minerales, también para complemento de nutrientes como el calcio y fósforo se utilizaron huesos secos de trucha arcoíris.

#### **10.2.1.6 Proceso de extrusión, mezcla y peletización.**

Finalmente, se realizó el proceso de trituración de los ingredientes complementarios hasta tener una forma fina de harina para la composición del alimento balanceado, estos ingredientes se pesaron utilizando una balanza marca Hoffen y se añadieron porcentualmente en un recipiente para elaboración de una mezcla homogénea y compactación del material como se muestra en la Figura 36 Pesaje de ingredientes del alimento balanceado y Figura 37 Proceso de mezcla de ingredientes del alimento balanceado. Este material se llevó a una maquina peletizadora

industrial de alimentos animales, con el fin de compactar el alimento en estado granular y moldearlo a una forma definida con condiciones controladas de presión y temperatura.

**Figura 36** *Pesaje de ingredientes del alimento balanceado*



Fuente: Autor

**Figura 37** *Proceso de mezcla de ingredientes del alimento balanceado*

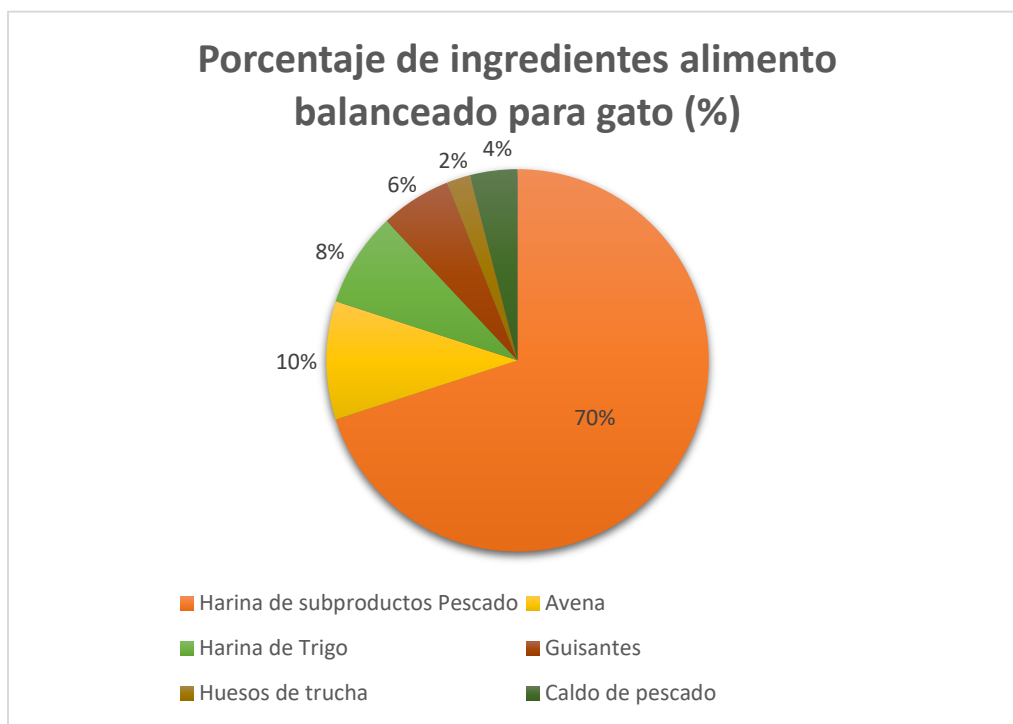


Fuente: Autor

La distribución de ingredientes para el alimento balanceado para gato, tuvo como resultado las gráficas expuestas en la Figura 38 Porcentaje de ingredientes alimento balanceado Figura 39 Gramos por ingrediente alimento balanceado, las cuales muestran que se utilizaron 6

ingredientes para su elaboración. Se utilizó una distribución porcentual de 70% de subproductos como fuente principal del contenido proteico, 10% de avena y 8% de harina de trigo para la composición de hidratos de carbono, 6% de guisantes como aporte de mejoramiento de textura, sabor y complemento vitaminas y otros nutrientes, 4% caldo de pescado como aceite y grasa para efectos de humedad, finalmente se utilizó un 2% huesos de trucha para el aporte de minerales como el fósforo y calcio.

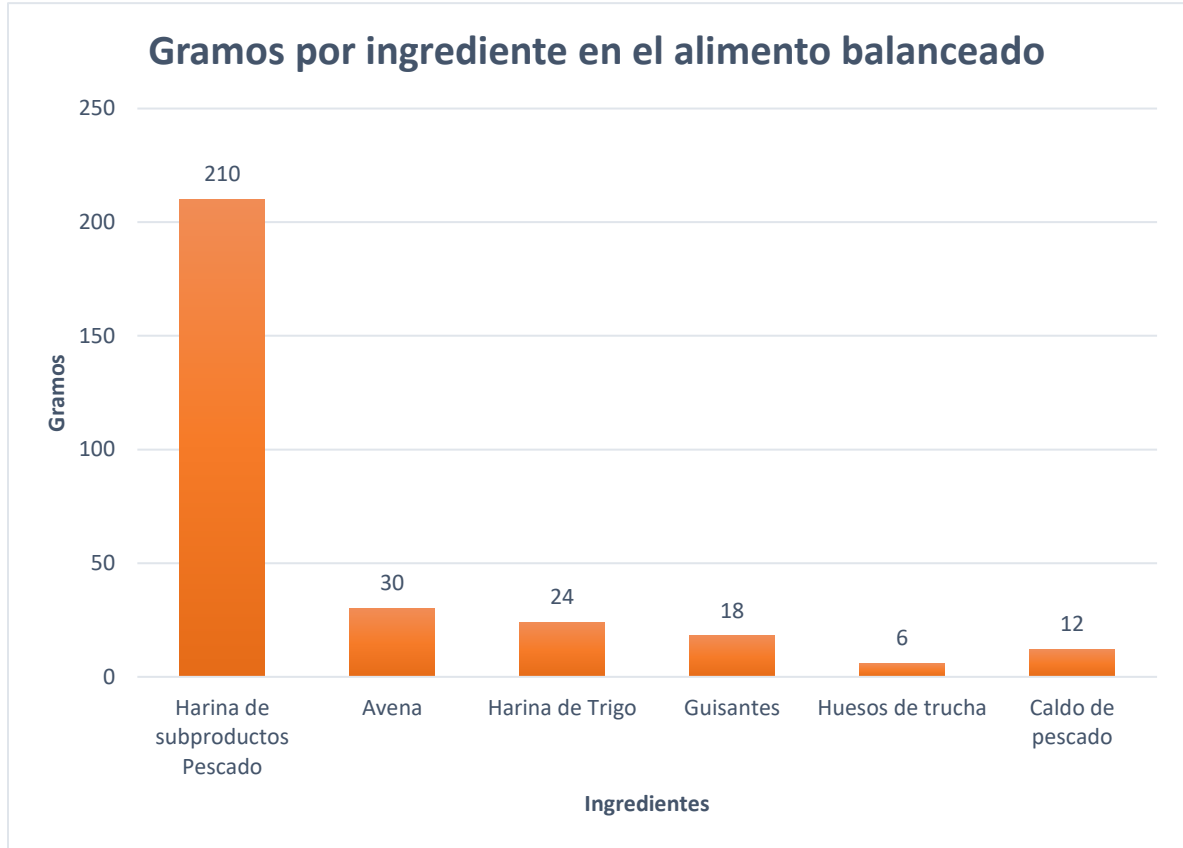
**Figura 38** Porcentaje de ingredientes alimento balanceado



Fuente: Autor

Se realizó el concentrado con un peso total de 300 gr, en el cual se utilizaron 210 en subproductos de trucha, 30 gramos de avena, 24 gramos de harina de trigo, 18 gramos de guisantes o alverjas, 6 gramos de huesos de trucha y 12 gramos de caldo de pescado, esta distribución de ingredientes se puede observar en la Figura 39 Gramos por ingrediente alimento balanceado y Figura 40 Alimento balanceado para gato.

**Figura 39 Gramos por ingrediente alimento balanceado**



Fuente: Autor

Los cálculos relacionados a la cuantificación de los porcentajes de humedad y material sólido se expresan de la siguiente forma:

**Tabla 6** Cálculo de humedad y material sólido elaboración de alimento balanceado

**Cálculo de humedad y material sólido elaboración de alimento balanceado**

<i>N</i>	Ítem	Peso de subproductos crudos (g)	Porcentaje de Humedad (%)	Porcentaje de material sólido (%)
1	Cocción en agua	2000	66.55	33.45

2	<b>Cocción en horno</b>	669	72.30	27.70
3	<b>Humedad total de los subproductos</b>	2000	90.73	9.27

---

Fuente: Autor

Lo expuesto en la Tabla 6 Cálculo de humedad y material sólido elaboración de alimento balanceado muestra dos diferentes procesos en el aprovechamiento de subproductos y la variación de los subproductos en cuanto a humedad y material sólido seco, en primero lugar se puede identificar que, en el proceso de cocción en agua de los subproductos, los 2000 gramos tuvieron como resultado una humedad del 66.55% y 33.45% de material seco, posteriormente al momento de realizar los procesos de deshidratación.

Respecto a los 669 gramos en el proceso de cocción en horno, se obtuvo un resultado de humedad del 72.3% y 27.7 de material seco. Finalmente se pudo determinar que, de los 2000 gramos de subproductos de víscera y agallas, su composición de humedad es del 90.73% y sus sólidos disponibles para aprovechamiento son solo del 9.27%, dónde se obtuvo en peso final de 185.33 gramos de material seco destinado al concentrado balanceado para gato.

### **10.2.2 Obtención de aceite**

Los resultados del proceso de extracción Soxhlet se muestran en la Tabla 7 Resultados cálculo de humedad en la extracción de aceite y Tabla 8 Resultados cálculo de porcentaje de extracción de aceite al extracto seco, indicando los valores de humedad de los subproductos utilizados y los valores de aceite obtenidos.

**Tabla 7** Resultados cálculo de humedad en la extracción de aceite

**Cálculo porcentaje de humedad en proceso de extracción de aceite**

<i>N</i>	Tipo de subproducto	Peso de muestras húmedas licuadas (g)	Peso de muestras extracto seco (g)	Porcentaje de humedad final de subproductos (%)
1	Cabezas	19.019	5.35	69.89
2	Espinas	10.012	3.22	67.79
3	Vísceras-agallas	25.5125	4.77	81.28

Fuente: Autor

Los valores resultantes expuestos en la Tabla 7 Resultados cálculo de humedad en la extracción de aceite muestran los valores de peso para cada tipo de subproducto (Cabezas, espinas y vísceras-agallas), en los cuales se puede determinar que el mayor porcentaje de humedad lo tienen las vísceras-agallas con un 81.28%, seguido de las cabezas (69%) y finalmente las espinas (67.79%). Esto indica que de todos los subproductos que tiene la trucha arcoíris, las vísceras y agallas son las que más contenido húmedo disponen y por ende menores sólidos aprovechables frente a otros subproductos como las espinas y cabezas.

**Tabla 8** Resultados cálculo de porcentaje de extracción de aceite al extracto seco

**Cálculo de porcentaje de aceite extracto seco**

<i>N</i>	Tipo de subproducto	Peso de muestras extracto seco (g)	Porcentaje de aceite extracto seco (%)	Porcentaje de material sólido (g)	Porcentaje de aceite muestra base húmeda (%)
1	Cabezas	5.35	40.98	30.11	12.34
2	Espinas	3.22	43.49	32.21	14.01

3	<b>Vísceras- agallas</b>	4.77	28.25	18.72	5.29
---	------------------------------	------	-------	-------	------

---

Fuente: Autor

Lo referido en la Tabla 8 Resultados cálculo de porcentaje de extracción de aceite al extracto seco muestra que en el proceso de extracción Soxhlet, se pudo determinar que para las muestras del extracto seco o después de cocción en horno, las espinas son las que tienen mayor cantidad de grasas o aceite con un valor de 43.4%, seguido de las cabezas con un 40.9 % y finalmente las vísceras con 28.25%.

En cuanto a las muestras crudas o húmedas, se estima que, de acuerdo al resultado anterior, las que tienen mayor cantidad de grasas son las espinas (14%), cabezas (12.34%) y en menor proporción las vísceras y agallas con un 5.29%, dónde para la extracción de aceite se tiene un mayor rendimiento en las espinas y cabezas. Por otra parte, se estima que de la cantidad en gramos de subproductos utilizados para cabezas, espinas y vísceras-agallas, es posible extraer en peso por recipiente es 2.19 gramos de aceite para cabezas, 1.40 gramos para espinas y 1.35 gramos para vísceras, teniendo en cuenta que por la poca disponibilidad de aceite no es posible calcular densidad.

A continuación, se muestra el resultado de elaboración del alimento balanceado para gato posterior a todos los procesos de elaboración:

*Figura 40 Alimento balanceado para gato*



Fuente: Autor

*Figura 41 Alimento balanceado para gato pellets*



Fuente: Autor

### 10.3 Evaluación de los componentes nutricionales

#### 10.3.1 Evaluación nutricional alimento balanceado

Los resultados de la evaluación nutricional del alimento balanceado para gato elaborado y escogido acorde a la alimentación para gato se muestra en la Tabla 9. Resultados perfil lipídico del aceite de subproductos del cultivo de trucha arcoíris, es importante mencionar que el ensayo descartado para el análisis se enmarca en el Anexo 1 Ensayo descartado de alimento balanceado

Para el alimento balanceado seleccionado se tiene como resultado de una prueba bromatológica convencional los siguientes valores:

Tabla 9. Resultados perfil lipídico del aceite de subproductos del cultivo de trucha arcoíris

#### **ANÁLISIS BROMATOLÓGICA LABORATORIO API**

<i>N</i>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>MÉTODO</b>
<i>1</i>	Humedad y materia volátil (en alimentos para animal)	g/100g	17,8	NTC 4888:2000 (Adopción equivalente de la ISO 6496:1999) NO APLICA Sólidos Totales g/100g 82,2 NO APLICA *Calculo por diferenc
<i>2</i>	Sólidos Totales	g/100g	82,2	Calculo por diferencia.

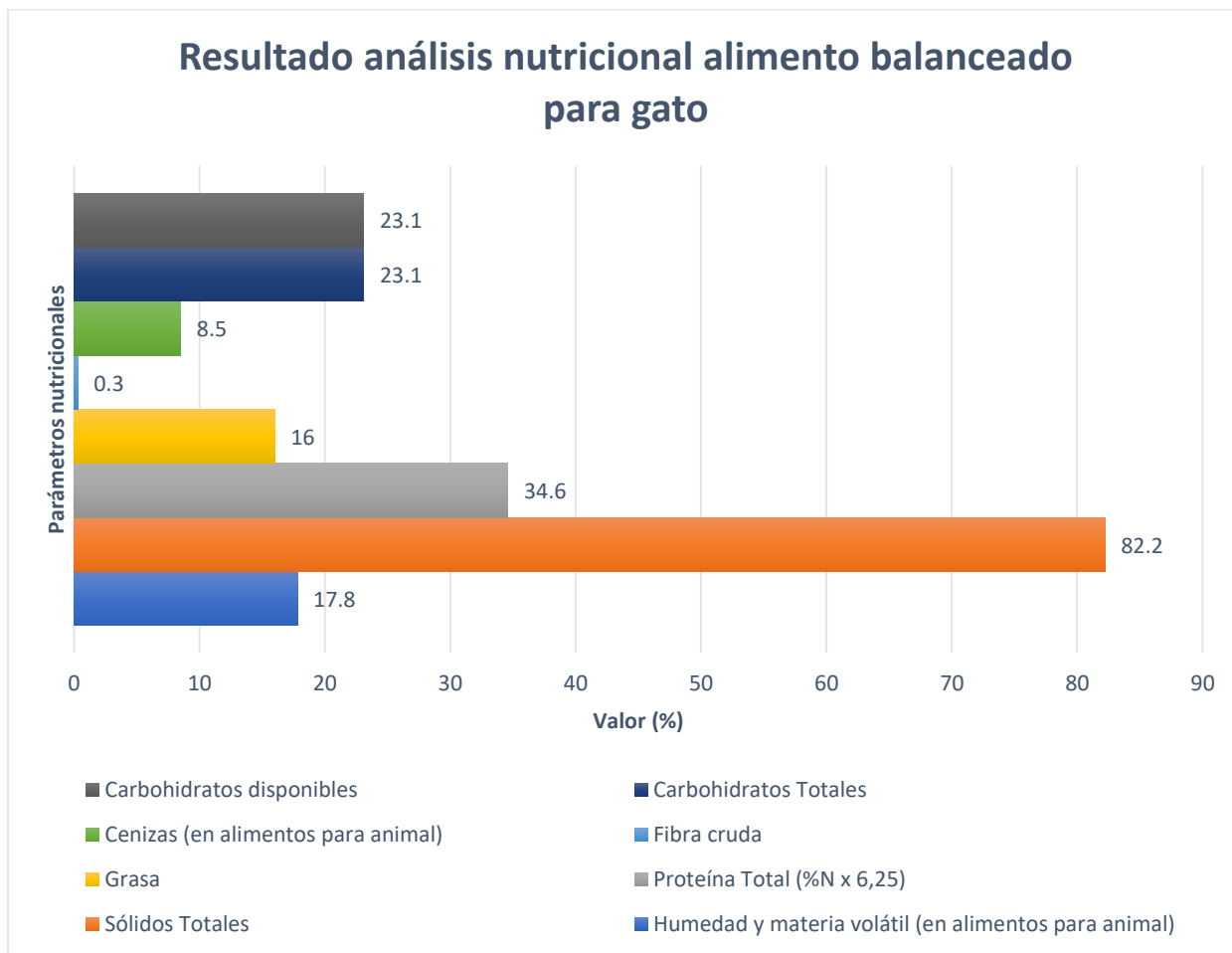
3	Proteína Total (%N x 6,25)	g/100g	34,6	P-LF-100 Método de análisis para la determinación de proteína por el método Kjeldahl en alimentos para consumo humano y alimentos para consumo animal según ISO 1871:2009, versión 04 Fecha de actualización 2023- 02-02.
4	Grasa	g/100g	16,0	NTC 4969:2001 (Adopción equivalente de la ISO 6492:1999).
5	Fibra cruda	g/100g	0,3	NTC 5122:2002 (Digestión ácido alcalina y calcinación).
6	Cenizas (en alimentos para animal)	g/100g	8,5	AOAC 942.05. Ed.22:2023 (Gravimetría, Calcinación a 600°C).
7	Carbohidrat os Totales	g/100g	23,1	AOAC 986.25 (E) Ed.22:2023 (Determinación por diferencia)

8	Calorías	g/100g	375	Determinación Indirecta Factor de Atwater
9	Carbohidratos disponibles	g/100g	23,1	Food composition data de H. Greenfield y D.A.T. Southgate Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 2012

Fuente: Laboratorio API

La distribución de los valores resultantes en el análisis bromatológico de los principales parámetros de evaluación se expresa en la siguiente figura:

**Figura 42** Resultado análisis nutricional alimento balanceado para gato



Fuente: Autor

El análisis anterior muestra los diferentes parámetros evaluados para determinar el contenido nutricional del alimento balanceado realizado, así mismo indica su valor en porcentaje y también la metodología utilizada. Uno de los elementos más importantes respecto a la alimentación de gatos es la proteína por ser un animal de dieta carnívora y de necesidades altas en niveles de proteína, en este caso el alimento realizado tuvo un valor de 34,6 % de proteína total, el cual supera valores mínimos de la AFFCO correspondientes al 26% para gatos adultos y 30% para gatos cachorros(FEDIAF, 2024).

De acuerdo a esto se determina que el contenido de subproductos utilizados y el procesamiento de los mismos para su transformación, garantizan estos niveles altos de proteína,

los cuales son importantes para los gatos respecto al correcto funcionamiento de la masa muscular, tejidos y energía, así mismo importantes para mantener un sistema inmunológico saludable y garantizar la calidad del pelaje en cuanto a crecimiento y estructura, esto debido a que los gatos requieren necesidades especiales en cuanto a nutrientes como el nitrógeno y aminoácidos provenientes de la proteína (Zoran, 2002).

La grasa es un parámetro importante para la alimentación felina, es una parte fundamental para la alimentación de gatos por sus beneficios, son gran fuente de energía y genera gran parte de las calorías, las grasas aportan diferentes ácidos esenciales para el funcionamiento metabólico y muscular, vitaminas liposolubles (A, D, E y K) (Purina Institute, 2024). El valor de grasa obtenido por el alimento balanceado realizado fue de 16%, indicando buenos contenidos del mismo respecto a los mínimos valores expuestos por la AFFCO, correspondientes a un mínimo del 9%, por lo cual se supera en 7 puntos porcentuales al valor mínimo, esto indica que los subproductos contienen dentro de su composición un porcentaje de grasa elevado, además la presencia de grasa en el alimento indica una buena textura, mejor sabor y mejor palatabilidad del mismo al momento de ser consumido por un gato.

Según la AFFCO el valor límite máximo de fibra cruda es de 5%, en este caso el alimento realizado tiene un valor de fibra de 0,3% y se encuentra dentro del rango aceptable dentro de los requerimientos internacionales. Este parámetro en alimentación felina tiene valores bajos debido a que los gatos no requieren grandes cantidades de fibra en su metabolismo, es importante para regular el tránsito intestinal y prevenir estreñimiento, sin embargo, valores superiores al umbral pueden ser perjudiciales para la salud del mismo, respecto a su digestión, peso, absorción de nutrientes y energía disponible, teniendo en cuenta que su principal necesidad es un alto consumo proteico.

Los carbohidratos son importantes para la producción de energía en los gatos, también para darle una estructura y textura a los concentrados y alimentos balanceados, parte de los concentrados comerciales tiene un 33% de carbohidratos en promedio, sin embargo, los gatos tienen dietas estrictamente carnívoras y con contenidos de grasa, lo cual indica que requieren menores porcentajes de carbohidratos (M, 2013).

El valor obtenido en la evaluación del alimento balanceado de carbohidratos totales y disponibles fue de 23,1%, el cual se encuentra en un nivel moderado y es aplicable para gatos activos y no sedentarios en etapa adulta o gestantes por su gran aporte calórico resultante (375 Calorías), teniendo en cuenta que el exceso de carbohidratos al promedio puede afectar el metabolismo y ser causante de obesidad o diabetes entre otras afectaciones, por lo tanto, el alimento balanceado tiene balance positivo en carbohidratos.

La ceniza obtenida correspondiente a un 8,5 %, se encuentra dentro del rango recomendado de la AFFCO, el cual es valores menores del 10% en concentrados para gato adulto (Dueñas, 2018), por lo tanto, en este parámetro se tiene cumplimiento normativo. La ceniza en concentrados indica el contenido de minerales presentes en el mismo, tales como el calcio, fósforo y magnesio, son importantes para el organismo en sus fluidos corporales, huesos y dientes, pero es importante resaltar que si supera el valor recomendado puede ser perjudicial para el sistema urinario y formación de urolitos.

Según (NTC 3687. “Alimento completo para Gatos”, 2018) y la AFFCO los valores de humedad máximos para un concentrado son del 12%, relacionado principalmente para efecto de durabilidad y almacenamiento para concentrados secos, en este caso el resultado de humedad para el concentrado fue de 17,8%, el cual tiene valores elevados en este parámetro por cinco

puntos y requiere ajustes en la adición de contenido de humedad en la preparación, este valor se relaciona directamente con el contenido de sólidos totales.

Adicionalmente a lo anterior para indicar el valor de nitrógeno total del concentrado, se realizó el siguiente cálculo en base al porcentaje de proteína por el método de Kjeldahl:

***Ecuación 6 Ecuación cálculo de proteína método de Kjeldahl***

$$\text{Proteína cruda} = \text{Nitrógeno total} \times 6,25$$

Seguidamente se despejo el nitrógeno total y se expresó de la siguiente forma:

***Ecuación 7 Ecuación cálculo de nitrógeno total***

$$\text{Nitrógeno total} = \frac{\text{Proteína cruda}}{6,25}$$

Se tiene el siguiente resultado:

$$\text{Nitrógeno total} = \frac{34,6}{6,25} = 5,53\% \text{ de Nitrógeno total}$$

Este resultado está directamente relacionado con los niveles de proteína, por lo cual se encuentra en niveles adecuados según parámetros de la AFFCO, este importante parámetro en concentrados indica el porcentaje de proteínas del mismo, además cumple funciones como el crecimiento y el mantenimiento del tejido muscular de los gatos, así mismo contribuye a procesos de síntesis de aminoácidos esenciales, también hace parte del mantenimiento del sistema inmunológico y salud de los felinos.

### ***10.3.2 Evaluación nutricional aceite***

Los resultados referentes al análisis nutricional del aceite extraído a los subproductos de trucha arcoíris, se realizaron con una prueba de perfil lipídico compuesta por una muestra de aceites de vísceras, agallas, cabezas y huesos de trucha arcoíris y se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 10** Perfil lipídico aceite de subproductos de trucha arcoíris

**ANÁLISIS PERFIL LIPÍDICO ACEITE LABORATORIO API**

<b>N</b>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>MÉTODO</b>
1	Grasa Saturada	g/100g	31,05	106 Método de análisis para la determinación de perfil de ácidos grasos en alimentos por medio de cromatografía de gases GC-FID Versión 02. Fecha 2023-07-09
2	Grasa Mono insaturada	g/100g	48,87	
3	Grasa Poliinsaturada	g/100g	17,18	
4	Grasa Total insaturada	g/100g	66,05	
5	Grasa Trans	g/100g	230,14	
6	Ácido graso Láurico C12:0	g/100g	0,10	
7	Ácido graso Mirístico C14:0	g/100g	2,24	
8	Ácido graso Palmítico C16:0	g/100g	20,26	
9	Ácido graso Esteárico C18:0	g/100g	5,42	

0	1	Ácido graso Oleico C18:1 cis-9 (Omega 9)	g/100g	36,64
1	1	Ácido graso linoleico C18:2 cis- 9,12 (Omega 6)	g/100g	12,57
2	1	Ácido graso Gamma linolénico C18:3 cis-6, 9,12 (Omega 6)	g/100g	0,75
3	1	Ácido graso Alpha linolénico C18:3 cis-9, 12,15 (Omega 3)	g/100g	1,50
4	1	Ácido graso Eicosapentanoico C20:5 EPA (Omega 3)	g/100g	0,21
5	1	Omega 3	g/100g	3,02
6	1	Omega 6	g/100g	13,64

7	Omega 9	g/100g	45,45
8	Docosahexanoico C22:6 DHA	g/100g	0,24

Fuente: Laboratorio API

El contenido de grasas saturadas (AGS) obtenido en el aceite extraído muestra como resultado un valor de 31,05%, donde entidades como Codex Alimentarius y la FAO recomiendan que las grasas saturadas para el caso de consumo humano rondan en valores desde 20% a 30%, por lo cual se encuentra muy al margen recomendado, cantidades excesivas de este pueden ser perjudiciales para el colesterol y causante de enfermedades cardiovasculares (FAO & OMS, 2019).

Para el caso de las grasas monoinsaturadas se obtuvo un valor de 48,87%, este parámetro generalmente esta entre 20 a 45% según Codex Alimentarius (Autoridad Internacional de Alimentos), por lo tanto, se determina que se encuentra ligeramente elevado por 3 puntos porcentuales, pero se encuentra cercano al rango máximo, es importante resaltar que estas grasas reducen el colesterol LDL que es perjudicial para la salud y aumenta el colesterol bueno HDL (FAO & OMS, 2019).

Respecto a las grasas poliinsaturadas se obtuvo un valor de 17,18%, donde también se relaciona con los valores del contenido de omega 3 (3,02%) y omega 6 (13,64%), estos valores frente a normativas de la (FAO & OMS, 2019) indican que tiene valores bajos de grasas poliinsaturadas, así mismo presenta valores bajos de omega 3 y presenta valores elevados de omega 6, los cuales deben estar en un rango de 20% a 30% para omega 3 y menor al 5% en

omega 6. Para el caso del parámetro de Omega 9, se obtuvo un valor de 45,45% y sobrepasa los rangos recomendados entre un 10% a 30%.

El contenido de grasa total insaturada tuvo un valor del 66,05%, el cual se encuentra dentro de los valores recomendados para un aceite de buena calidad (60-80%), respecto al ácido láurico tuvo un valor de 0,10%, representando un valor bajo y acorde para aceites de pescado, teniendo en cuenta que este valor se recomienda debe ser menor a 1%, por lo cual este valor no representa un riesgo para la salud. El ácido mirístico tuvo un valor de 2,24%, siendo un valor alto y que no debe superar el 1%, indicando que requiere mejoras en proceso de calidad (FAO & OMS, 2019).

Los valores de ácido graso Palmítico y Estearico tuvo un valor de 20,26% y 5,24%, lo cual indica que el aceite tiene valores elevados en ácidos grasos saturados, el ácido oleico tuvo un valor de 36,64% y tiene valores elevados a los recomendados (15-20%), para el caso del ácido linoleico (12,57%) y ácido gamma linolénico (0,75%) se encuentra en valores normales, los ácidos grasos Alpha Linolénico (1,50%), ácidos grasos Eicosapentanoico (0,21) y Docosahexanoico (0,24%) presentan valores significativamente bajos (FAO & OMS, 2019), indicando bajos contenidos de omega 3 y es recomendado realizar ajustes en el perfil lipídico del aceite, adicional a ello los valores de grasas trans presentan anomalía en su resultado y no son representativos para estimar su cantidad en la muestra.

### ***10.3.3 Análisis de datos alimento balanceado***

Para el desarrollo del modelo estadístico se tuvo en cuenta una ecuación de hipótesis para la elaboración del análisis, en este caso se utilizó la siguiente ecuación:

#### ***Ecuación 8 Ecuación de regresión lineal múltiple***

$$\text{Porcentaje de ingredientes utilizados (\%)} = -31,9 + 2,711 \text{ Valor nutricional (\%)}$$

La ecuación anterior tiene como objetivo evaluar las variables de ingredientes suministrados (Minerales, humedad, hidratos de carbono y proteínas) respecto a los resultados del análisis bromatológico, dónde se presentó como variable dependiente el porcentaje de nutrientes obtenidos en el concentrado realizado y que se encuentra en función del porcentaje de ingredientes suministrados que es la variable independiente.

Este análisis estadístico corresponde a los resultados del segundo ensayo de concentrado realizado y es importante mencionar que, corresponde al ensayo con mayor confiabilidad en cuanto a ingredientes suministrados y valores nutricionales obtenidos en las pruebas bromatológicas, diferenciándose de ensayos que no pueden ser comparados por sus diferencias en cuantificación de ingredientes, tipos de ingredientes y valores nutricionales adecuados para dieta de felinos para el cumplimiento del objetivo del proyecto y que se evidencian en el Anexo 1 Ensayo descartado de alimento balanceado, por lo tanto solo se tuvo en cuenta un ensayo para el análisis estadístico, el cual corresponde al de la siguiente tabla:

Escribir la justificación de que se hicieron ensayos, explicar por qué no se tuvieron en cuenta, poner los resultados del ensayo de concentrado, no tienen una relación, sirvió de base para realizar el alimento balanceado con buenos aportes nutricionales.

**Figura 43** Variables del modelo de regresión lineal

<i>N</i>	<i>Ingredientes</i>	<i>Ingredientes utilizado (Y)</i>	<i>Parámetro</i>	<i>Resultado de nutrientes (%) (X)</i>
1	Huesos de trucha	2	Minerales	8,5
2	Caldo de pescado	4	Humedad	17.8

3	Avena-Harina de trigo y guisantes	24	Hidratos de Carbono	23.1
4	Harina de subproductos Pescado	70	Proteína	34.6

Fuente: Autor

El análisis de regresión lineal múltiple desarrollado en el Software Minitab tuvo los siguientes resultados:

**Tabla 11** Resumen del modelo de regresión lineal

S	R- cuadrado	R- cuadrado(ajustado)
13,8083	87,27%	80,91%

Fuente: Autor

La tabla anterior muestra un R cuadrado correspondiente al coeficiente de determinación, el resultado del mismo tiene un valor de 87,27% y con valores ajustados un 80,91%, dónde se determina que el porcentaje de distribución de ingredientes del alimento balanceado realizado explica el porcentaje de nutrientes obtenido en un 80,91%, evidenciando que es un porcentaje significativo en el modelo y refleja que la variable independiente es representativa e influye sobre la variable dependiente o en este caso los valores nutricionales.

Respecto a los valores restantes correspondientes al 19.09%, determinan que son otros factores diferentes a la administración de ingredientes los que afectan los resultados nutricionales dentro del alimento y que no son explicados en por el análisis, esto teniendo en cuenta que en los procesos de transformación otras variables de las que no se tienen conocimiento como el tiempo y temperatura, pueden influir en el desempeño nutricional y en pérdidas de material sólido.

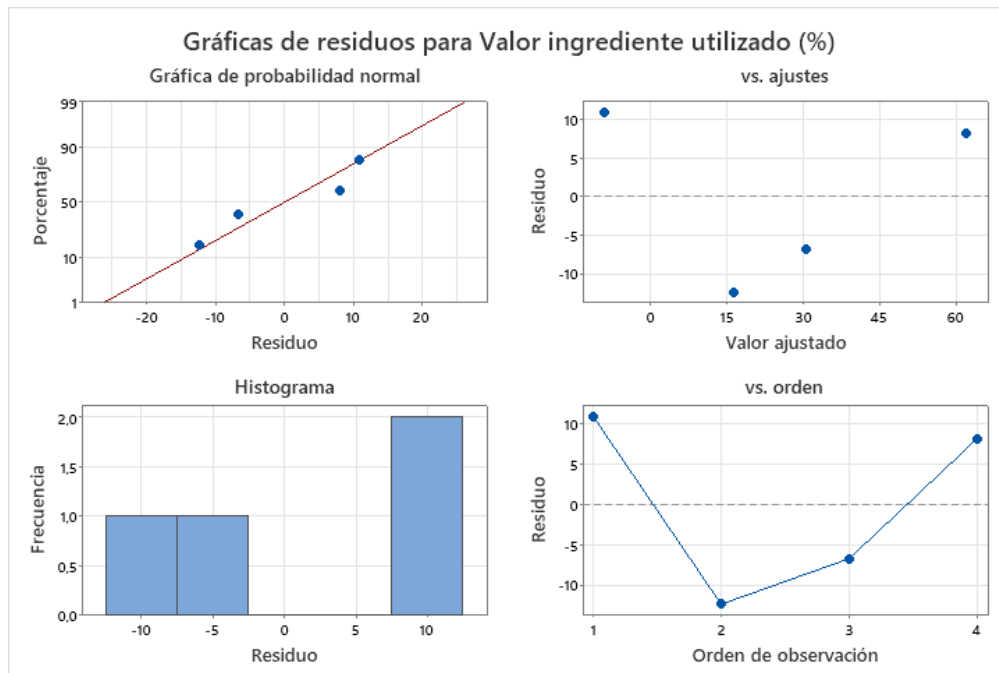
**Tabla 12** Análisis de varianza del modelo

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Regresión	1	2614,7	2614,7	13,71	0,066
Valor nutricional (%)	1	2614,7	2614,7	13,71	0,066
Error	2	381,3	190,7		
Total	3	2996,0			

Fuente: Autor

En la tabla anterior se muestra que el valor P es de 0,066, indicando que los resultados son significativos y que las variables evaluadas no tienen diferencias significativas, por lo tanto, se confirma la hipótesis nula correspondiente a que los valores nutricionales obtenidos dependen o son explicados por los porcentajes de ingredientes suministrados para la fabricación del alimento balanceado, tales como la proteína, hidratos de carbono, minerales y humedad, por ende, no se rechaza la hipótesis nula.

Figura 44 Gráfica de residuos para el porcentaje de alimento



Fuente: Autor

La gráfica de probabilidad normal anterior, muestra que hay una distribución normal de valores de los valores de residuos, manteniéndose cercanos a la línea de tendencia, para el caso del histograma indica que el modelo y los datos presentan normalidad, dónde no se presentan valores atípicos o anormales, la gráfica de valor ajustado evidencia una dispersión alta en sus valores y, por tanto, los errores están ajustados adecuadamente y mantiene niveles tolerables en el modelo, de igual forma con la gráfica de orden de observación que indica que el modelo es adecuado capturando la relación de variables.

## 11 IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO

Este proyecto tiene un aporte importante frente al impacto social y humanístico, partiendo del uso de conocimientos teóricos y técnicos para proponer una solución de una problemática que relaciona la vida de trabajadores y comunidades que giran en torno a la industria pesquera y piscícola. En este caso la generación de conocimientos del presente proyecto es un impacto positivo frente a la disminución de futuros residuos sólidos orgánicos producidos en actividades de la piscicultura y con énfasis en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), dónde la propuesta de aprovechamiento de los subproductos para la elaboración de alimento balanceado para gato, representa un aporte a las acciones de aprovechamiento actuales y mejora en procesos de gestión ambiental de la actividad económica.

Frente a la sostenibilidad ambiental, este proyecto tiene una integración de los factores económicos, sociales y medioambientales, explicado en que socialmente se realiza un aporte en las estrategias para el uso de subproductos que anteriormente no se utilizaban, dónde otros métodos de aprovechamiento resultaban poco disponibles por su dificultad de implementación y necesidad de grandes recursos tecnológicos. Además de ello, se tiene un impacto positivo para formular acciones para la reducción en la contaminación del recurso hídrico mediante el aprovechamiento de los subproductos, en el cual el recurso hídrico está directamente relacionado con los trabajadores que tienen contacto directo en las granjas de producción y así mismo, los pobladores que en su mayoría corresponden a viviendas rurales que se encuentran en torno al cuerpo hídrico que es utilizado por la actividad piscícola, dónde están propensos a posibles afectaciones en el abastecimiento de agua por disminución de su calidad, proliferación de olores y generación de posibles patógenos.

En cuanto a los factores económicos, se abre una posibilidad a la implementación de actividades económicas derivadas del aprovechamiento de subproductos para el desarrollo de alimentos balanceados para el consumo animal, que a largo plazo puede incrementar la generación de productos en el mercado e incentivar nuevas oportunidades económicas para personas relacionadas a la actividad piscícola. Además, este proyecto realiza un aporte en la generación de conocimiento sobre valores nutricionales para estudios de factibilidad y viabilidad de subproductos de trucha arcoíris, tales como el aceite de pescado y también los valores de proteína de los mismos, dando un margen amplio para su posible aplicación en otros campos del sector agropecuario y alimentación.

Frente a los aspectos medioambientales, es un aporte para el cumplimiento de los compromisos adquiridos por Colombia frente a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), dónde este proyecto tiene un enfoque en la producción y consumo responsable en la piscicultura, resaltando la protección del recurso hídrico y el aprovechamiento de subproductos para elaboración de un producto con destino al consumo animal. De acuerdo a lo anterior, se tiene un impacto en la generación de conocimientos para evitar la contaminación de cuerpos de agua, por efectos de la descomposición de material orgánico, causado por la inadecuada gestión de subproductos de la cadena productiva piscícola, además la protección de la vida humana frente a los posibles efectos negativos de la gestión deficiente de los mismos, finalmente un aporte a los procesos de inocuidad de las granjas piscícolas y buenas prácticas de producción de carne de pescado.

## 12 CONCLUSIONES

El análisis de las diferentes investigaciones referentes al aprovechamiento de subproductos de la industria pesquera, muestra que las practicas con mayor relevancia son el aprovechamiento de subproductos como elaboración de complementos dietarios y concentrados para alimentación animal, seguido de la extracción de aceite y colágeno, dónde son aplicados a campos de estudio como la salud, tecnología, seguridad alimentaria y el sector agropecuario. Los estudios e investigaciones relacionadas al uso de subproductos reflejan que el sector pesquero ha tenido un mayor crecimiento en la última década, relacionando conceptos de economía circular, cuidado de los recursos naturales y procesos de sostenibilidad ambiental en las actividades económicas, acorde a las metas internacionales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y visibilizando el gran potencial de aprovechamiento de materiales que anteriormente no generaban ningún valor económico.

La transformación de subproductos pesqueros destinados a consumo animal requiere buenas prácticas tecnológicas y de inocuidad para garantizar resultados óptimos, dónde prácticas de manejo inadecuadas pueden generar procesos de descomposición y disminución de las propiedades nutricionales de los mismos, entre otras afectaciones a la salud de animales. Es relevante mencionar que los procesos de transformación de subproductos como vísceras y agallas para realizar alimento balanceado requieren largos periodos de tiempo y consumo energético, dónde procesos como la cocción en horno y deshidratación pueden representar pasivos económicos importantes al momento de su aprovechamiento, dependiendo del volumen de subproductos y la cantidad de alimento que se busque realizar, por ello es indispensable la automatización de procesos y el uso de equipos de alta eficiencia tecnológica.

El uso de subproductos de trucha arcoíris para la elaboración de alimento balanceado para gatos es una alternativa de aprovechamiento eficiente y posible, teniendo en cuenta que el

aporte de nutrientes y niveles de proteína de los subproductos son capaces de satisfacer los requerimientos nutricionales de la dieta de felinos, dónde los complementos de ingredientes pueden ser modificados y ajustables a cada etapa de crecimiento de los gatos. Es importante mencionar que los subproductos de trucha arcoíris representan una fuente de proteína con gran margen de aplicabilidad en alimentación de animales de diferentes tipos, dónde una correcta distribución porcentual de ingredientes puede garantizar porcentajes eficientes de proteína y grasas en diferentes dietas animales del sector agropecuario y doméstico.

Los procesos de extracción de aceite en subproductos de trucha arcoíris son una oportunidad de generación de productos alimenticios con grandes beneficios nutricionales por su riqueza en ácidos grasos, el cual, a través de un procesamiento adecuado con el uso de tecnologías de extracción eficientes en tiempo y energía, pueden garantizar una alta calidad en el aceite extraído. La extracción de aceites es un proceso que dependiendo de su metodología requiere largos tiempos para su obtención e insumos para su desarrollo, por ello el uso de métodos de transformación física pueden ser positivos al momento de disminuir el uso de sustancias químicas e insumos que, al ser requeridos a mayor escala productiva, pueden resultar poco viable para actividades económicas en base a la extracción de aceites de subproductos de pescado.

### 13 RECOMENDACIONES

Los procesos de transformación de los subproductos requieren largos tiempos de transformación y diferentes procesos, como en etapas de deshidratación, teniendo en cuenta que la mayor parte de su composición es agua y requiere mayores tiempos para su adecuada deshidratación sin afectar su composición nutricional, por lo cual, es importante utilizar equipos de alta tecnología que mejoren estos procedimientos de transformación. Además de ello, los subproductos como vísceras y agallas requieren procesos de tratamiento previos como la cocción en agua, con el fin de mejorar la eficiencia en la deshidratación y además aportando a la inocuidad de los mismos para efectos de consumo animal.

Es recomendable realizar pruebas de perfil de ácidos grasos o perfil lipídico a cada subproducto de la trucha arcoíris (Vísceras, cabezas, huesos) con el fin de determinar cuáles son los subproductos más eficientes para la extracción de aceite en términos nutricionales y con mayor rendimiento, dónde su extracción para consumo humano requiere determinar cuál de los mismos dispone valores más altos nutricionalmente. Además de ello, requiere de una metodología con mejores tiempos de extracción de aceite y una capacidad de volumen mayor al método de extracción Soxhlet.

Los ingredientes y porcentajes suministrados al concentrado balanceado para gato realizado, pueden ser modificados para darle un enfoque en diferentes etapas de crecimiento de los mismos, dónde la proteína total del mismo puede ser complementada con otro tipo de ingredientes de origen animal para tener valores más altos y aplicados en etapas de crecimiento o gestación en el caso de alimentación de felinos. Es importante resaltar que el uso de aceites vegetales puede mejorar el porcentaje de grasas y nutrientes, además se recomienda el uso de otros vegetales secos para un mayor aporte de vitaminas.

## 14 ANEXOS

El ensayo de elaboración de concentrado que no fue tenido en cuenta dentro de los resultados estuvo compuesto por dos ingredientes (60% harina de trigo y 40% vísceras de trucha), corresponde a la siguiente prueba bromatológica realizada en el laboratorio “La Espiga” de Yopal-Casanare:

*Anexo 1 Ensayo descartado de alimento balanceado*

### **PRUEBA BROMATOLÓGICA ALIMENTO BALANCEADO- LABORATORIO LA ESPIGA**

<b>Gravimétricos</b>					
<i>N</i>	<b>Variable</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Extractable/Técnica/ Referencia</b>	<b>Resultado</b>
1	Humeda	N.A.	%	70°C/ Gravimétrico/ Bernal 1994	11.6
2	Materia Seca	N.A.	%	Cálculo	88.4
3	Cenizas	Fracción Mineral	%	700°C/ Gravimétrico/ Bernal 1994	9.75
4	Pérdidas por Volatilización	N.A.	%	Cálculo	90.2

*Caracterización de la fracción orgánica*

1	Extracto Eteréo	Grasa	%	Éter/ Gravimétrico/ Bernal 1994	2.86
2	Fibra Cruda	FC	%	Mezal ácida/ Gravimétrico/ Bernal 1994	21.8
3	Fibra Detergente Ácida	FDA	%	Detergente Ácido/ Gravimétrico/ 9CA 1985	NR
4	Fibra Detergente Neutro	FDN	%	Detergente Neutro/ Gravimétrico/ ICA 1985	NR
5	Nitrógeno Orgánico	N.Orgánico	%	Mezcla Kjeldahl /Volumétrico/ Bernal 1994	1.56
6	Proteína Cruda	PC	%	Mezcla Kjeldahl /Volumétrico/ Bernal 1994	9.75

<i>Contenido de Nutrientes</i>					
7	Extracto no Nitrogenado	ENN	%	Cálculo	55.8
1	Fósforo	P	%	EAM HNO3:H2O2/ ICP- OES/ Método interno	0.35 1
2	Calcio	Ca	%	EAM HNO3:H2O2/ ICP- OES/ Método interno	0.36 2

Fuente: Laboratorio “La Espiga”



Tilapia Roja (*Oreochromis* spp.). *Informacion Tecnologica*, 27(6), 63–76.

<https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600007>

Ann Samuel, R., & A, P. K. (2024). *Bacillus cereus-mediated biofermentation of Sardine offal waste: A novel approach to enhance nutritional value by Response Surface Methodology optimization*. <https://doi.org/10.31018/jans.v15i4.5264>

Araújo-Rodrigues, H., Ribeiro, T. B., Machado, M., Pereira, C. D., & Pintado, M. E. (2024). The Potential of Acorn Extract Treatment on PUFAs Oxidative Stability: A Case Study on Fish Cooking Wastewater. *Foods*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/foods13060935>

Arregui Maraver, L. (2013). *El cultivo de la trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)*. FUNDACIÓN MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO SECRETARÍA GENERAL DEL MAR. <http://www.fundacionoesa.es/publicaciones>

Arvanitoyannis, I. S., & Kassaveti, A. (2008). Fish industry waste: Treatments, environmental impacts, current and potential uses. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(4), 726–745. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01513.x>

Barón & García. (2013). *EFFECTOS DE LA ADICION DE LA PROTEASA PAPAÑA DE Carica papaya Y FIBRA DE UVA (Vitis vinifera) EN LONGANIZAS CRUDAS*.

Barreto-Curiel, F., Parés-Sierra, G., Correa-Reyes, G., Durazo-Beltrán, E., & Viana, M. T. (2016). Total and partial fishmeal substitution by poultry by-product meal (Petfood grade) and enrichment with acid fish silage in aquafeeds for juveniles of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(2), 327–335. <https://doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-13>

Bartoshuk LM, J. H. N. T. et al. (1975). *Taste Rejection of Nonnutritive Sweeteners in Cats* (pp. 971–975). *J Comp Physiol Psychol*.

Beaver, B. V. (1980a). Sensory development of *Felis catus*. En *Laboratory Animals* (Vol. 14).

Beaver, B. V. (1980b). Sensory development of *Felis catus*. En *Laboratory Animals* (Vol. 14).

BIOINNOVA. (2022). *Anatomía de un vertebrado: Trucha arcoíris* | BIOINNOVA.

<https://www.innovabiologia.com/biodiversidad/diversidad-animal/anatomia-oncorhynchus-mykiss/>

Bitlisli, O., & Basaran, B. (2013). *STURGEON SKINS-A VALUABLE RESOURCE FOR LUXURY LEATHER INDUSTRY PIEILE DE STURIONI-O RESURSĂ PREȚIOASĂ PENTRU INDUSTRIA DE PIELĂRIE DE LUX Hüseyin Ata KARAVANA , Mehmet Mete MUTLU STURGEON SKINS-A VALUABLE RESOURCE FOR LUXURY LEATHER INDUSTRY.*

Bonilla-Mendez, J. R., & Hoyos-Concha, J. L. (2018). Methods of extraction, refining and concentration of fish oil as a source of omega-3 fatty acids. *Corpoica Ciencia y Tecnologia Agropecuaria*, 19(3), 645–668. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol19\\_num2\\_art:684](https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num2_art:684)

Boudreau, J. C. (1977). *Chemical Stimulus Determinants of Cat Neural Taste Responses to Meats I.*

Bradshaw, J. W. S., Goodwin, D., Legrand-Defre', V., & Nott, H. M. R. (1996). Food Selection by the Domestic Cat, an Obligate Carnivore. En *Biochem. Physiol* (Vol. 114, Número 3, pp. 205–209). *Comp Biochem Physiol*.

Bradshaw JW, H. L. T. C. et al. (2000). Differences in food preferences between individuals and populations of domestic cats *Felis sylvestris catus*. *Appl Anim Behav Sci*, 257–268.

Brelaz, K. C. B. T. R., Cruz, F. G. G., Brasil, R. J. M., Silva, A. F., Rufino, J. P. F., Costa, V. R., & Viana Filho, G. B. (2019). Fish waste oil in laying hens\* Diets. *Revista Brasileira de*

*Ciencia Avicola / Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(4). <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1069>

Calderón, G. (2022). *Uso de subproductos acuícolas en la elaboración de ensilajes biológicos y químicos: una revisión*. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v5n1p74>

Camilo, J., Sanabria, R., Daniel, M., Leal, G., De, U., Aplicadas, C., & Ambientales, Y. (2020). *RESPUESTA DE LA LECHUGA AL USO DE BIO PREPARADOS PROVENIENTES DEL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS DEL EVISCERADO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS (Oncorhynchus mykiss) MEDIANTE ENSILAJE QUIMICO*. UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A.

Claudia Merino, M., Patricia Bonilla, S., Bages, F., Técnica, A., & Alejandro Flores Nava, D. (2013). *Diagnóstico del estado de la Acuicultura en Colombia Profesional Especializado Dirección Técnica Administración y Fomento, AUNAP Secretaria Técnica Nacional- Cadena de la Acuicultura-MADR Gerente Público Acuicultura-Programa de Transformación Productiva Oficial Superior de Pesca y Acuicultura de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. \* \* \* \* \* Bogotá, Mayo de 2013 Libertad y Orden*.

Constitución Política de Colombia, Pub. L. No. Artículo 79 (1991).

Constitución Política de Colombia, Pub. L. No. Artículo 80 (1991).

CORANTIOQUIA. (2016). *Piscícolas Cultivo de Trucha y Tilapia*.

Dave, J., Ali, A. M. M., Kudre, T., Nukhthamna, P., Kumar, N., Kieliszek, M., & Bavisetty, S. C. B. (2023). Influence of solvent-free extraction of fish oil from catfish (*Clarias magur*) heads using a Taguchi orthogonal array design: A qualitative and quantitative approach. *Open Life Sciences*, 18(1). <https://doi.org/10.1515/biol-2022-0789>

David-Ruales, C. A. et al. (2014). *Aprovechamiento de residuos de trucha arco iris*

*Oncorhynchus mykiss: uso de tecnologías limpias para la extracción de aceite.* 294–299.

Decreto 1835. “Por medio del cual se modifican, adicionan y derogan algunas disposiciones de la Parte 16 del Libro 2, del Decreto 1071 de 2015”, 24 de diciembre (2021).

Decreto 2645. “Por el cual se aprueba el Acuerdo No. 35 del 6 de diciembre de 1993 de la Junta Directiva del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, por el cual se adoptan los Estatutos Internos y se establece la Estructura Interna del Instituto Colombiano Agropecuario, ICA y se determinan las funciones de sus dependencias”. (1993).

Decreto 2811. “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente”., 18 de diciembre (1974).

Decreto 2981. “Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo”, 20 de diciembre (2013).

Decreto 4181. "Por el cual se escinden unas funciones del Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (Incoder) y del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, y se crea la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP).”, 3 de diciembre (2011).

Decreto 4741 de 2005 “ por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”. (2005).

Decreto 4741. “Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”, Pub. L. No. Artículo 11, 30 de diciembre (2005).

del Río, P. G., Garrote, G., Astray, G., Oliveira, D., Costa, P., & Gullón, B. (2022). Application of emerging technologies to obtain valuable lipids from food byproducts. *Food Lipids:*

*Sources, Health Implications, and Future Trends*, 383–411. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823371-9.00007-1>

di Cerbo, A., Morales-Medina, J. C., Palmieri, B., Pezzuto, F., Cocco, R., Flores, G., & Iannitti, T. (2017). Functional foods in pet nutrition: Focus on dogs and cats. En *Research in Veterinary Science* (Vol. 112, pp. 161–166). Elsevier B.V.

<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.03.020>

Dong, Y., Yan, W., Zhang, X. Di, Dai, Z. Y., & Zhang, Y. Q. (2021). Steam explosion-assisted extraction of protein from fish backbones and effect of enzymatic hydrolysis on the extracts. *Foods*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/foods10081942>

Dueñas, N. (2018). *Análisis químico nutricional de 10 marcas comerciales de pienso para gato adulto en el mercado colombiano*. <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecniaA>.

Dunham-Cheatham, S. M., Klingler, K., Peacock, M., Teglas, M. B., & Gustin, M. S. (2019). What is in commercial cat and dog food? The case for mercury and ingredient testing. En *Science of the Total Environment* (Vol. 684, pp. 276–280). Elsevier B.V.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.337>

Fadda, M., Zych, A., Carzino, R., Athanassiou, A., & Perotto, G. (2023). Hydrophobic and water resistant fish leather: a fully sustainable combination of discarded biomass and by-products of the food industry. *Green Chemistry*, 26(1), 542–555. <https://doi.org/10.1039/d3gc04048h>

FAO. (2000). 3. *DEFINICIONES*. <https://www.fao.org/4/Y1453S/y1453s05.htm>

FAO. (2014). *MANUAL PRÁCTICO PARA EL CULTIVO DE LA TRUCHA ARCOÍRIS*.

FAO. (2015). *Acuicultura Escuelas de campo y de vida para jóvenes agricultores-Guía del facilitador*.

FAO. (2020a). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*.

[https://www.fao.org/3/ca9229en/online/ca9229en.html#chapter-1\\_1](https://www.fao.org/3/ca9229en/online/ca9229en.html#chapter-1_1)

FAO. (2020b). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*.

[https://www.fao.org/3/ca9229en/online/ca9229en.html#chapter-1\\_1](https://www.fao.org/3/ca9229en/online/ca9229en.html#chapter-1_1)

FAO. (2024). *Versión resumida de El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024*.

<https://doi.org/10.4060/cd0690es>

FAO, & OMS. (2019). *Codex Alimentarius: Norma General para Aditivos Alimentarios*.

<http://www.who.int/ipcs/food/jecfa/en/>

FEDIAF. (2021). *Nutritional Guidelines For Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs*.

FEDIAF. (2024). *Nutritional Guidelines For Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs*.

Florez Jalixto, M. A., Roldán Acero, D. J., & Juscamaita Morales, J. G. (2020).

PHYTOTOXICITY AND CHARACTERIZATION OF A LIQUID FERTILIZER  
PRODUCED BY LACTIC ACID FERMENTATION USING RAINBOW TROUT BY-  
PRODUCTS (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecologia Aplicada*, 19(2), 121–131.

<https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1563>

Fraga-Corral, M., Ronza, P., Garcia-Oliveira, P., Pereira, A. G., Losada, A. P., Prieto, M. A.,

Quiroga, M. I., & Simal-Gandara, J. (2022). Aquaculture as a circular bio-economy model with Galicia as a study case: How to transform waste into revalorized by-products. En *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 119, pp. 23–35). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.026>

- Gaikwad, S., & Kim, M. J. (2024). Fish By-Product Collagen Extraction Using Different Methods and Their Application. En *Marine Drugs* (Vol. 22, Número 2). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/md22020060>
- Gál, R., Mokrejš, P., Pavlačková, J., & Janáčová, D. (2022). Cyprinus carpio Skeleton Byproduct as a Source of Collagen for Gelatin Preparation. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(6). <https://doi.org/10.3390/ijms23063164>
- Gallo, N., Natali, M. L., Quarta, A., Gaballo, A., Terzi, A., Sibillano, T., Giannini, C., De Benedetto, G. E., Lunetti, P., Capobianco, L., Blasi, F. S., Sicuro, A., Corallo, A., Sannino, A., & Salvatore, L. (2022). Aquaponics-Derived Tilapia Skin Collagen for Biomaterials Development. *Polymers*, 14(9). <https://doi.org/10.3390/polym14091865>
- García, J., Nuñez, F., Chacón, O., Alfaro, R., & Espinosa, M. (2004). *Calidad de canal y carne de trucha arco iris, Oncorhynchus mykiss Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua*. 14(1), 19–26.
- García Macías, J. A. et al. (2004). Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss Richardson*, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. *Hidrobiológica*, 19–26.
- Ge, L., Cheng, K., Lu, W., Cui, Y., Yin, X., Jiang, J., Li, Y., Yao, H., Liao, J., Xue, J., & Shen, Q. (2024). Enzymatic Preparation, In-Depth Molecular Analysis, and In Vitro Digestion Simulation of Palmitoleic Acid ( $\omega$ -7)-Enriched Fish Oil Triacylglycerols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(15), 8859–8870. [https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.3C09159/SUPPL\\_FILE/JF3C09159\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.3C09159/SUPPL_FILE/JF3C09159_SI_001.PDF)

- Görgün, S., & Zengin, G. (2015). Determination of Fatty Acid Profiles and Esterase Activities in the Gills and Gonads of *Vimba vimba* (L., 1758). *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(3), 353–360. <https://doi.org/10.1007/s11746-015-2602-y>
- HILL'S. (2024). *Alimento Gatos Adultos*. <https://www.hillspet.es/cat-food/sp-feline-science-plan-adult-optimal-care-chicken-dry?lightboxfired=true#>
- Horwitz, D., Soulard, Y., & Junien-Castagna, A. (2006). *Comportamiento alimentario del gato*. *Enciclopedia de la Nutrición Clínica Felina* (pp. 439–478).
- Houpt, A. K. (2005). Domestic Animal Behavior for Veterinarians and Animal Scientists. En *Domestic Animal Behavior*. Blackwell Publishing (4th Edition, pp. 329–334). Blackwell Publishing.
- Hoyos-Concha, J. L., Villada-Castillo, H. S., Fernández-Quintero, A., & Ortega-Toro, R. (2022). CONTENIDO Use of trout by-products (*Oncorhynchus mykiss*) for the production of an extruded fish feed. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21(1). <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim2726>
- ICA. (1999). *DIRECTIVAS TÉCNICAS DE ALIMENTOS PARA ANIMALES Y SALES MINERALIZADAS*.
- Isac-García, J., Dobado, J. A., Calvo-Flores, F. G., & Martínez-García, H. (2016). Chapter 1 - Laboratory Safety. *Experimental Organic Chemistry*, 1–28. <https://www.dequimica.info/extraccion-solido-liquido/>
- IUCN. (1980). *WORLD CONSERVATION STRATEGY Living Resource Conservation for Sustainable Development*.

- J. Grumberg, M. Burgos, & O. González. (1980). Utilization of protein from agroindustrial by-products in the feeding of the rainbow trout during the fry stage. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 30, 223–235.
- Jaramillo, L., Acero, A., Forero, S., Muñoz, S., Angulo, J., Bonilla, S., Cuervo, L., Olaya, N., & Caldas, J. (2021). *MARCO LEGAL DE LA ACUICULTURA EN COLOMBIA*.
- Jimenez, É. A., Leitão Barboza, R. S., da Silva Garcia, J., Cristina da Silva Correa, E., Amaral, M. T., & Frédou, F. L. (2021). International trade of Amazon fish byproducts: Threats and opportunities for coastal livelihoods. *Ocean and Coastal Management*, 212.  
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105812>
- Kim, J., Im, T. J., Kim, S. G., & Lee, K. Y. (2019). *Development of fish byproduct extract based absorbable soft tissue bioadhesive*. 43, 372–378.
- Krotova, O., Tyulumdjieva, O., Vertiy, N., Ushakov, A., Isaeva, N., & Lodyanov, V. (2024). Fermentation biotechnology applied to byproducts of the fish processing industry: Nutrition and functionality information. *BIO Web of Conferences*, 113.  
<https://doi.org/10.1051/bioconf/202411303006>
- Parlamento Europeo. (2024). *La pesca europea en cifras | Fichas temáticas sobre la Unión Europea | Parlamento Europeo*. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/122/la-pesca-europea-en-cifras>
- LÉLÉ, S. (1991). Sustainable Development" A Critical Review. En *World Development* (Vol. 19, Número 6).
- Ley 13. “Por la cual se dicta el estatuto general de pesca”, Pub. L. No. Artículo 35, 15 de enero (1990).

Ley 99. “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”, 22 de diciembre (1993).

Lionetto, F., Bagheri, S., & Mele, C. (2021). Sustainable materials from fish industry waste for electrochemical energy systems. En *Energies* (Vol. 14, Número 23). MDPI.  
<https://doi.org/10.3390/en14237928>

M, H. (2013). *Fuel for Felines: Cats and Carbohydrates*. 20.

MADR. (2020). *ACUICULTURA EN COLOMBIA Cadena de la Acuicultura*.

MADR. (2021). *Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas*.

<https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Paginas/Direccion-de-Cadenas-Pecuarias.aspx>

MAPA. (2021). Trucha Arcoíris- Secretaría General de Pesca. *EsAcui 2021-2030*, 3.

Mariano, M., Huaman, P., Mayta, E., Montoya, H., & Chanco, M. (2010). Contaminación producida por piscicultura intensiva en lagunas andinas de Junín, Perú. En *Rev. peru. biol* (Vol. 17, Número 1). <http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/biologia/biologiaNEW.htm>

Martins, V. G., Vieira Costa, J. A., Silveira, S. T., Brandelli, A., & Prentice, C. (2011). Protein and Amino Acid Solubilization using *Bacillus cereus*, *Bacillus velesensis*, and *Chryseobacterium* sp. from Chemical Extraction Protein Residue. *Food and Bioprocess Technology*, 4(1), 116–123. <https://doi.org/10.1007/s11947-008-0168-5>

Mattsson, Berit., & Sonesson, Ulf. (2003). *Environmentally-friendly food processing*. CRC Press ; Woodhead.

Mazo, P. V. (2020). *OBTENCIÓN DE HIDROLIZADOS DE PROTEÍNAS DE VÍSCERAS DE TRUCHA ARCOÍRIS (Oncorhynchus mykiss) CON PROPIEDADES BIOACTIVAS Y/O FUNCIONALES.*

McDonald, P. et al. (2013). *Nutrición Animal* (Séptima).

Merino, M., Salazar, G., & Gómez, D. (2006). *Guía Practica de Piscicultura en Colombia.*

Monello. (2024). *Monello Cat Adultos - Monello.* <https://www.monellocolombia.com/monello-cat-salmon-atun-pollo/>

Montgomery, D. (2004). *DISEÑO Y ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS* (Segunda edición). LIMUSA WILEY.

Moreno, A. M., Brighith, M., Medina, N., Karen, G., & Salazar, L. T. (2018). *Posibilidades de exportación de la trucha arcoiris producida en Colombia a Alemania.*

Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.*

NRC. (2006). *Nutrient requirements of dogs and cats.* National Academies Press.

NTC 3687. “Alimento completo para Gatos” (2018).

Ormanç, H. B., Onsekiz, Ç., Üniversitesi, M., Künili, I. E., Arik, F., & Onsekiz, Ç. Ç. (2019). *FISH PROCESSING WASTES: POTENTIAL SOURCE OF BYPRODUCTS.*

<https://www.researchgate.net/publication/348922494>

Our World in Data. (2023). *Fish and Overfishing - Our World in Data.*

<https://ourworldindata.org/fish-and-overfishing#discards>

Perea Román, C. (2016). *Evaluación nutricional de ensilajes de residuos de Trucha Arcoiris Oncorhynchus mykiss en la alimentación de Tilapia Roja Oreochromis spp.*

- Pires, K. A., Miltenburg, T. Z., Miranda, P. D., Abade, C. C., Janeiro, V., Menolli, A. L. A., Mizubuti, I. Y., Ribeiro, L. B., & Vasconcellos, R. S. (2020). Factors affecting the results of food preference tests in cats. *Research in Veterinary Science*, *130*, 247–254.  
<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.03.023>
- Purina Institute. (2024). *HOT TOPIC Las grasas en el alimento para mascotas*.
- Radulovich, R., & Fuentes-Quesada, J. P. (2019). Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) artisanal production in floating cages at sea and polyculture with oyster (*Crassostrea gigas*). *Aquaculture*, *512*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734354>
- RAE. (2024). *subproducto* | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE.  
<https://dle.rae.es/subproducto>
- Resolución 754. “Por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos”, 25 de noviembre (2014).
- Resolución 1056. “Por la cual se dictan disposiciones sobre el control técnico de los Insumos Pecuarios y se derogan las Resoluciones No. 710 de 1981, 2218 de 1980 y 444 de 1993”, 17 de abril (1996).
- Resolución 3761. “Por medio de la cual se dictan disposiciones sanitarias y de control para la comercialización a granel de alimentos para perros y gatos”, 6 de octubre (2009).
- Resolución 61252. “Por medio de la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el registro de los fabricantes e importadores de alimentos para animales, así como los requisitos y el procedimiento para el registro de alimentos para animales y se dictan otras disposiciones”., 3 de febrero (2020).
- Risso, A. L. (2016). *Conceptos Básicos de Nutrición en perros y gatos*.

Rustad, T. (2006). Physical and chemical properties of protein seafood by-products. En *Maximising the Value of Marine By-Products* (pp. 3–21). Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1533/9781845692087.1.3>

Sahena, F., Zaidul, I. S. M., Jinap, S., Jahurul, M. H. A., Khatib, A., & Norulaini, N. A. N.

(2010). Extraction of fish oil from the skin of Indian mackerel using supercritical fluids.

*Journal of Food Engineering*, 99(1), 63–69. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.01.038>

Scopus. (2024). *Scopus - Analyze search results*. [https://www-scopus-com.crai-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=\(\(TITLE-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[ABS-KEY\(%22Fish+byproducts%22\)+OR+TITLE-ABS-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[KEY\(%22trout+byproducts%22\)+AND+TITLE-ABS-KEY\(%22Use%22\)+OR+TITLE-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[ABS-KEY\(%22sustainability%22\)\)\)+OR+\(\(TITLE-ABS-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[KEY\(subproductos\)+AND+TITLE-ABS-KEY\(trucha\)+OR+TITLE-ABS-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[KEY\(acuicultura\)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY\(implicaciones\)+OR+TITLE-ABS-](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

[KEY\(sostenibilidad\)\)\)&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results](https://www-scopus-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/term/analyzer.uri?sort=plf-f&src=s&sid=e438968665d0065a9bfb1c00134ac74e&sot=a&sdt=a&sl=294&s=((TITLE-ABS-KEY(%22Fish+byproducts%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22trout+byproducts%22)+AND+TITLE-ABS-KEY(%22Use%22)+OR+TITLE-ABS-KEY(%22sustainability%22)))+OR+((TITLE-ABS-KEY(subproductos)+AND+TITLE-ABS-KEY(trucha)+OR+TITLE-ABS-KEY(acuicultura)+AND+NOT+TITLE-ABS-KEY(implicaciones)+OR+TITLE-ABS-KEY(sostenibilidad)))&origin=resultslist&count=10&analyzeResults=Analyze+results)

Sierra Lopera, L. M., Sepúlveda Rincón, C. T., Vásquez Mazo, P., Figueroa Moreno, O. A., &

Zapata Montoya, J. E. (2018). Byproducts of aquaculture processes: Development and

prospective uses. Review. En *Vitae* (Vol. 25, Número 3, pp. 128–140). Universidad de

Antioquia. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v25n3a03>

Silva, M. C. A. da, Leite, J. S. A. F., Barreto, B. G., Neves, M. V. dos A., Silva, A. S., Viveiros,

K. M. de, Passos, R. S. F. T., Costa, N. P., Silva, R. V. da, & Cavalheiro, C. P. (2021). The

impact of innovative gluten-free coatings on the physicochemical, microbiological, and

sensory characteristics of fish nuggets. *LWT*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110409>

- Soto, D., & Norambuena, F. (2004). *Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment*. [www.blackwell-synergy.com](http://www.blackwell-synergy.com)
- Suárez, J. (2023). *Aprovechamiento de residuos de piscifactoría para la producción de alimentos en la industria avícola en la cooperativa Multiactiva la fortuna del municipio de Mutatá*. [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)
- Tabarestani, S., Maghsoudlou, Y., Motamedzadegan, A., Mahoonak, S., & Rostamzad, H. (2012). Study on some properties of acid-soluble collagens isolated from fish skin and bones of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*). En *International Food Research Journal* (Vol. 19, Número 1).
- Torres, C. (2013). *Extracción de aceite de pescado derivado de subproductos del beneficio de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss), a través de la técnica de fluidos supercríticos*.
- Torres-Barrera, N. H., & Grandas-Rincón, I. A. (2017). Estimación de los desperdicios generados por la producción de trucha arcoíris en el lago de Tota, Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 247–255.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num2\\_art:631](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:631)
- UN. (2015). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible*.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Vela, Z. (2018). *MEJORAMIENTO DE LA TEXTURA DE CARNE DE VACUNO CON EL USO DE LA ENZIMA PROTEOLÍTICA (PAPAÍNA)*.
- Vianey, K. (2023). *UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL TESIS DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE COMPOSTAJE Y*

*EL CONTENIDO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DEL COMPOST*

*ELABORADO CON.*

- Vieira, L. L., Araújo, C. da S., Neves, E. M. P. X., Batista, J. T. S., Peixoto Joele, M. R. S., & Lourenço, L. de F. H. (2018). Emulsified films produced with proteins extracted from whitemouth croaker byproducts: Development and characterization. *Boletim do Instituto de Pesca*, 44(3). <https://doi.org/10.20950/1678-2305.2018.360>
- VOSviewer. (2024). *VOSviewer - Visualizing scientific landscapes*. <https://www.vosviewer.com/>
- Y. Parrado. (2012). Historia de la Acuicultura en Colombia. *Revista científica de la Sociedad Española de Acuicultura Revista AquaTIC*, 37, 60–77.
- Zapata, J. E., Moya, M., & Figueroa, O. A. (2019). Enzymatic hydrolysis of protein of rainbow trout viscera (*Oncorhynchus mykiss*). Effect of type of enzyme, temperature, pH and stirring speed. *Informacion Tecnologica*, 30(6), 63–72. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600063>
- Zare Vergara, J. L. (2018). *USO DE ENSILADO A BASE DE RESIDUOS DE TRUCHA ARCOÍRIS (Oncorhynchus mykiss) COMO FERTILIZANTE ORGÁNICO PARA PRODUCCIÓN DE MICROALGA MARINA Tetraselmis suecica*.
- Zartha, J. W., S., H. J. L., C., M. J. M., Vargas, E. E. M., & Hernandez, R. Z. (2017). Technological surveillance in byproducts from the fish agroindustry. *Espacios*.
- Zatta Cassol, G., Rezende-de-Souza, J. H., & Savay-da-Silva, L. K. (2024). Fish Byproducts as a Protein Source: A Critical Review of Fish Protein Concentrate. En *Food Reviews International*. Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2392154>
- Zoran, D. L. (2002). The carnivore connection to nutrition in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 221, 1559–1567.

