



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Análisis técnico económico de alternativas para
el procesamiento de los residuos sólidos de la
truchicultura en Belmira, Antioquia, con énfasis
en el ensilaje biológico.**

Autor

Julian Estrada Loaiza

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Agrarias

Medellín, Colombia

2022



Análisis técnico económico de alternativas para el procesamiento de los residuos sólidos de la truchicultura en Belmira, Antioquia, con énfasis en el ensilaje biológico.

Julian Estrada Loaiza

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en agronegocios

Directora:
Mónica Botero Aguirre

Co-director:
Carlos Alberto Vélez Hoyos

Línea de Investigación:
Sistemas Sostenibles de Producción

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Agrarias
Medellín, Colombia
2022

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	10
1 INTRODUCCIÓN.....	12
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GENERAL.....	155
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	155
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
4 JUSTIFICACIÓN.....	20
5 MARCO TEÓRICO.....	21
5.1 Sector acuícola.....	21
5.2 Municipio de Belmira.....	22
5.3 Caracterización de la asociación de truchicultores de Belmira.....	243
5.4.Economía circular.....	24
5.5 Aprovechamiento de residuos.....	25
5.5.1 Ensilajes.....	25
5.5.2 Antecedentes de usos de ensilajes biológicos en Colombia.....	27
5.5.3 Extracción de aceites.....	28
5.5.4 Biodigestores.....	288
5.5.5 Elaboración de harinas.....	299
5.5.6 Utilización de biomoléculas y salud humana.....	299
5.6 Cultivo de trucha.....	30
5.7 Designación de la producción de trucha en Colombia.....	31
6 METODOLOGÍA.....	33
7 RESULTADOS.....	37
8 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
8.1 Distribución de las investigaciones.....	44
8.2 Análisis por temáticas nutricionales.....	45
8.2.1 Crecimiento y factores zootécnicos.....	45
8.2.2 Conservación de nutrientes.....	47
8.2.3 Bromatología.....	488
8.2.4 Digestibilidad.....	499
8.2.5 Metabolismo.....	499

8.2.6 Palatabilidad y estabilidad del pienso	50
8.3 Análisis Por temáticas económicas (Valoración de residuos y modelación de procesos)	50
8.4 Presentación y análisis de la propuesta.....	56
9 Conclusiones	77
10 Recomendaciones	79
11 Referencias.....	80
12 Anexos.....	103

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ecuaciones de búsqueda para cada base de datos electrónica	377
Tabla 2. Distribución de los artículos de crecimiento y factores zootécnicos.....	39
Tabla 3. Distribución de los artículos de conservación de nutrientes	40
Tabla 4. Distribución de los artículos bromatológicos.....	40
Tabla 5. Distribución de los artículos de digestibilidad	40
Tabla 6. Distribución de los artículos de metabolismo animal	41
Tabla 7. Distribución de los artículos de palatabilidad y estabilidad del pienso.....	41
Tabla 8. Distribución de los artículos inicio de cultivos bacterianos.....	41
Tabla 9. Distribución de los artículos enzimáticos.....	41
Tabla 10. Distribución de los artículos de modelación de procesos	4242
Tabla 11. Distribución de los artículos de valoración de residuos	43
Tabla 12. Distribución de los artículos de viabilidad.....	43
Tabla 13. Distribución de los artículos de disminución de costos.....	43
Tabla 14. Distribución de los artículos de perspectivas de la acuicultura en Colombia	43
Tabla 15. Modelo tecnológico 1: Ensilaje químico.....	577
Tabla 16. Modelo tecnológico 2: Ensilaje biológico	588
Tabla 17. Modelo tecnológico 3: Extracción de aceites.....	599
Tabla 18. Modelo tecnológico 4: Elaboración de harinas	60
Tabla 19. Modelo tecnológico 5: Biomoléculas	61
Tabla 20. Modelo tecnológico 6: Biodigestores.....	62
Tabla 21. Modelos tecnológicos priorizados	63
Tabla 22. Estructura de costos ensilaje químico	666
Tabla 23. Estructura de costos del modelo de ensilaje biológico	688
Tabla 24. Estructura de costos del modelo biodigestores	70
Tabla 25. Caracterización del producto Modelo tecnológico 1: Ensilaje químico.....	711
Tabla 26. Caracterización del producto Modelo tecnológico 2: Ensilaje biológico.	71
Tabla 27. Caracterización del producto Modelo tecnológico 6: biodigestores	72
Tabla 28. Determinación del beneficio por modelo tecnológico.....	73

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Distribución por año de las publicaciones	38
Gráfico 2. Distribución de los artículos nutricionales	399
Gráfico 3. Distribución de los artículos económicos	42
Gráfico 4. Flujograma del proceso ensilaje químico	65
Gráfico 5. Flujograma del proceso ensilaje biológico	67
Gráfico 6. Flujograma del proceso biodigestores	699
Gráfico 7. Propuesta a implementar Vs situación actual	76

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Un agradecimiento a Dios primeramente, y a todos los que hicieron posible este proceso; a mis padres, a la Universidad de Antioquia por su sistema de becas, a la asociación de truchicultores de Belmira, especialmente a la representante legal Rosmira Londoño por su apoyo, a mi directora, la doctora Monica Botero Aguirre y a mi co-director, el magíster Carlos Alberto Vélez Hoyos; al coordinador de la Maestría en Agronegocios, profesor Gustavo Adolfo García Henao, que en muchas ocasiones me orientó en este proceso; a cada persona que aportó su grano de arena para que este trabajo llegara a un buen termino. Se la dedico a los piscicultores, que puedan encontrar un punto de apoyo en este trabajo para la toma de decisiones, al sector académico como posible aporte metodológico en el área de la gestión de residuos, y también como un llamado de alerta a las políticas públicas. Espero que mi trabajo trascienda más allá de los estantes y nos pueda ayudar a construir un poco más de país, hasta donde sea posible. “Mucha gente pequeña en lugares pequeños, haciendo cosas pequeñas pueden cambiar el mundo” Eduardo Galeano.

RESUMEN

La industria acuícola es una de las actividades de mayor crecimiento pecuario, provee proteína de gran valor nutricional, lo que es especialmente importante para poblaciones vulnerables. Sin embargo, esta industria genera gran cantidad de residuos llegando en ocasiones por encima del 50% de la materia prima, lo cual equivaldría a 41 millones de toneladas a nivel mundial para el año 2018 (FAO, 2020) que en su mayoría no son gestionados correctamente y causan impacto negativo al medio ambiente, debido a la composición de los mismos. Por tanto, se hace necesario ocuparse de ellos de manera integral, tratando de dar un beneficio al productor y fomentar el desarrollo sostenible.

Con el propósito de conocer la disponibilidad de información y proponer una alternativa de gestión de residuos orientada a la realidad de Colombia, se hizo una revisión de literatura y un análisis de la información del proceso de aprovechamiento de las vísceras, orientado hacia el ensilaje biológico, ya que era el más referenciado en el país en la búsqueda preliminar de información.

El metaanálisis se llevo a cabo mediante dos bases de datos: Scielo y Science Direct, y proporcionó 157 publicaciones de interés, observándose que 77 artículos estaban orientados al manejo nutricional de los residuos (49,04%) y 44 de ellos se enfocaron hacia la evaluación económica (28,02%). Se concluyó que había suficiente información disponible en el tema nutricional; además que el método de ensilaje químico suministrado a cerdos en etapas de iniciación era el uso más adecuado, y no el biológico para la población objetivo; ya que fue el modelo tecnológico que tuvo mejor desempeño en la matriz de ponderación (4,045/5), y aportó un mayor beneficio económico \$441,77 COP/kg; si bien, el objetivo del proyecto se centro en dar una solución ambiental creando una oportunidad de agronegocio desde las vísceras de procesamiento, la cantidad promedio/productor actual, 18 kg/mes (comunicación verbal representante legal Asociación de Truchicultores de Bemira, 2021) no dan la debida rentabilidad, pues los beneficios económicos estarían entre \$ 43.122 y \$ 95.421 COP al año; esto es, para generar un modelo de agronegocio se necesitarían procesar por lo menos 3.303 kg/mes de vísceras.

Finalmente, se recomienda abordarse más ampliamente la gestión de los residuos acuícolas, ya que hoy por hoy se posiciona como una parte impositiva y fundamental del proceso productivo, además de su potencial en generar ingresos no operacionales y satisfacer las exigencias en cuanto a la normatividad ambiental. En este orden de ideas, también surgen nuevos enfoques como biocombustibles y biomoléculas que comienzan a adquirir importancia en el uso de los residuos de procesamiento de pescado.

ABSTRACT

The aquaculture industry is one of the fastest growing livestock activities, it provides protein of great nutritional value, which is especially important for vulnerable populations. However, this industry generates a large amount of waste, sometimes reaching over 50% of the raw material, which would be equivalent to 41 million tons worldwide by 2018 (FAO, 2020), which is mostly not managed correctly and cause a negative impact on the environment, due to their composition. Therefore, it is necessary to deal with them in an integral way, trying to give a benefit to the producer and promote sustainable development.

With the purpose of knowing the availability of information and proposing a waste management alternative oriented to the reality of Colombia, a literature review and an analysis of the information of the viscera utilization process was carried out, oriented towards biological silage, since it was the most referenced in the country in the preliminary search for information.

The meta-analysis was carried out using two databases: Scielo and Science Direct, and provided 157 publications of interest, observing that 77 articles were oriented to the nutritional management of waste (49.04%) and 44 of them focused on the economic evaluation (28.02%). It was concluded that there was sufficient information available on the nutritional subject; also that the chemical silage method supplied to pigs in initiation stages was the most appropriate use, and not the biological one for the target population; since it was the technological model that had the best performance in the weighting matrix (4,045/5), and provided a greater economic benefit of \$441.77 COP/kg; Although the objective of the project was focused on providing an environmental solution by creating an agribusiness opportunity from the viscera of processing, the average quantity/current producer, 18 kg/month (verbal communication legal representative Asotrúbel, 2021) does not they give the due profitability, since the economic benefits would be between \$43,122 and \$95,421 COP per year; that is, to generate an agribusiness model, it would be necessary to process at least 3,303 kg/month of viscera.

Finally, it is recommended to address the management of aquaculture waste more widely, since today it is positioned as a prohibitive and fundamental part of the production process,

in addition to its potential to generate non-operational income and satisfy the demands regarding environmental regulations. In this order of ideas, new approaches such as biofuels and biomolecules are also emerging, which are beginning to gain importance in the use of fish processing residues.

1 INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las actividades de más rápido crecimiento pecuario a nivel mundial (FAO, 2018). Especialmente vertiginoso en las últimas décadas, que se ha mantenido desde el 2001 un incremento aproximado del 5% anual (FAO, 2020), aunado a un gran interés y perspectivas positivas particularmente del subsector cárnico (Rabobank, 2020, 2021). La industria acuícola produce alrededor de 82 millones de toneladas y está avaluada en 250.000 millones de USD (FAO, 2020), además que se ha mantenido al alza tanto en producción como en consumo. Esta actividad junto con la pesca, ha sido transcendental para mantener la seguridad alimentaria en los últimos años, con un aporte de la proteína animal del 17% en 2017 a nivel mundial (FAO, 2020); con un papel sobresaliente en países en desarrollo (FAO, 2014, 2018) y pobres como Ghana, Sierra Leona y Camboya, donde el pescado llega a representar más del 50% de la Proteína (FAO, 2020), brindando trabajo y seguridad alimentaria (FAO, 2014). Estos factores han hecho de la acuicultura una actividad muy alineada a los objetivos mundiales, conocidos como Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el de hambre cero y la disminución de la pobreza (FAO, 2014). En el caso de un país en desarrollo como Colombia, se muestra la importancia y el impacto socio-económico de dicha actividad; ya que es una fuente de ingresos y alimentación especialmente decisiva para la población vulnerable y dispersa; la cual es abundante en un país con conflicto armado (OCDE, 2016). Sin embargo, el efecto contraproducente es que en muchas ocasiones las actividades económicas no consideran la integralidad de la producción, causando un detrimento de la sostenibilidad y afectando otros ODS, principalmente ambientales (Blunden and Curry, 1996; Balti *et al.*, 2008; FAO, 2014).

La tendencia global es hacia una economía más amigable y sostenible (economía circular), valores demandados por la sociedad. Muchas empresas han tenido que ajustar su desarrollo a esta verdad innegable, se puede ver en el esfuerzo de grandes compañías con una amplia trayectoria, las cuales han tenido que adaptarse; como por ejemplo Coca-cola (*Coca-cola*, sf), que propone un nuevo cambio de su planeación estratégica, en parte para lograr una mayor acogida social. Esta situación ha dado pie a la apertura de una

brecha, que ha generado el nacimiento de nuevas industrias destinadas a la gestión de residuos (Arroyo *et al.*, 2018); algunas de manera exclusiva como Innovación Ambiental S.A.S., empresa del Valle del Cauca quien hace de esto su core business, o la empresa chilena Triciclos, que ilustra muy bien con su eslogan “ la basura es un error de diseño que debe ser resuelto de manera económica, social y sostenible”; la muestra de ellos son unos ingresos netos cercanos a los 15 millones de pesos colombianos en 2018 (Triciclos, 2018), o la empresa Bioestibas S.A.S., que generó una industria de un desperdicio enorme en el sector floricultor de Antioquia, convertidos en un total de ventas de 3,5 millones de USD y 114 empleos directos (OMPI, 2020; PROCOLOMBIA, sf), con residuos que anteriormente no se aprovechaban.

Respecto a la piscicultura, en Colombia se tiene una mala disposición de los residuos, los cuales son enterrados (Pinzón y Sánchez, 2016; David *et al.*, 2018; Cadavid *et al.*, 2019). Estos entendidos como vísceras, carcasas, aletas, espinas, escamas y sangre, tienen un gran impacto (FAO, 2020). Por tanto, el mal manejo deteriora el medio ambiente y conlleva a efectos indeseados, dentro de los cuales se podrían mencionar posibles vectores de plagas (García *et al.*, 2017), contaminación hídrica y malos olores (AUNAP, 2013a), destrucción del paisajismo (Greggio *et al.*, 2018), transmisión de enfermedades (DIRENA, 2016), entre otros; incluso de carácter económico (David *et al.*, 2018) como costos de mitigación y la pérdida de todos estos recursos potencialmente aprovechables, un paso que ya han dado otras industrias.

Las cifras pueden ser alarmantes, se estima que del 12 al 18% del peso vivo son vísceras (FAO, 2020), es decir que por cada tonelada procesada de pescado obtendríamos de 120 a 180 kilogramos. Para el año 2016 se produjeron 109.300 toneladas de pescado producto de la piscicultura en Colombia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020), por tanto, se estaría hablando entre 13.116 a 19.674 toneladas de vísceras para el mismo período en todo el país, una cuantía interesante de materia prima y una gran problemática. Teniendo en cuenta que lugares como Belmira pudiese afectar el agronegocio de la trucha por la calidad del agua, como también el del turismo por el deterioro ambiental; actividades económicas claves del municipio (Alcaldía de Belmira, 2018). Por consiguiente, la

situación es aún más crítica y se hace necesario desarrollar un método de aprovechamiento.

Las vísceras tienen un gran impacto *per se*, al ser altamente perecederas y biológicamente peligrosas, un tema que se debería tratar más a fondo siendo la zona de Belmira de interés ecológico (páramos y bosques alto andinos del noroccidente medio antioqueño), y fundamental sobre el abastecimiento de agua del Valle de Aburrá (Corantioquia, 2016; OCDE, 2016).

En concordancia con lo mencionado, el objetivo de este estudio fue analizar una alternativa de la gestión de los residuos, con miras a un posible agronegocio para los productores de la zona, orientado al ensilaje biológico de las vísceras; debido a que este fue el que con mayor frecuencia surgió en la revisión previa; no siendo el único, sí presentó una cantidad considerable; sin desconocer los otros métodos de aprovechamiento, con el fin de enriquecer el trabajo y plantear diversas alternativas según fueran mencionándose en la literatura.

2 OBJETIVOS

2.1 GENERAL

Realizar un análisis técnico económico de alternativas para el procesamiento de los residuos de la truchicultura en Belmira, Antioquia, con énfasis en el ensilaje biológico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1. Identificar y clasificar desde el marco de referencia los diferentes estudios relacionados con el ensilaje biológico.
2. Determinar el modelo tecnológico (técnico, funcional y socioeconómico) recomendable dentro de los mencionados en la revisión para el aprovechamiento de vísceras de pescado, aplicable a la truchicultura sostenible en Belmira (Antioquia).

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia se cultivan principalmente tres especies piscícolas: tilapia, cachama y trucha. En 2017 la producción a nivel nacional para el subsector de la acuicultura fue de 125.000 toneladas; de las cuales 61% correspondió a tilapia, 19% a cachama y 17 % a trucha (MADR, 2017). Asumiendo que el peso de las vísceras varía entre el 12 y el 18% del peso vivo (FAO, 2020), se calcularía por lo menos 15.000 toneladas de vísceras para el mismo período, teniendo en cuenta las principales especies producidas en el país.

Las vísceras de pescado se descomponen rápidamente bajo condiciones ambientales; si no se les da el manejo adecuado atraen fácilmente todo tipo de vectores sanitarios como insectos, bacterias, aves, entre otros (Ambrosio, 2015).

En la acuicultura colombiana se tienen problemas con la disposición de las vísceras de los animales beneficiados, que generalmente se entierran en zonas cercanas a ríos y lagos (Pinzón y Sánchez, 2016). La mala praxis puede llegar a contaminar los acuíferos, máxime que en Colombia se desconoce a ciencia cierta la ubicación de los mismos (IDEAM, 2018), sin mencionar problemas de animales carroñeros y malos olores (Nollet and Toldra, 2011; Jayathilakan *et al.*, 2012; Pinzón y Sánchez, 2016). Hanson *et al.* (2003) mencionan que cuando estos residuos llegan a los cuerpos de agua, afectan su calidad; influencia más notoria en aguas lénticas donde los desechos pueden acumularse, generar concentración de lodos orgánicos y reducción del oxígeno disuelto (Stewart and Tangarone, 1977).

Los principales efectos contaminantes de las vísceras que describen Hanson *et al.* (2003) en el medio ambiente son la muerte del bentos, el incremento en la turbidez, la disminución de la productividad primaria y la depredación. Teniendo en cuenta que en la mayoría de las granjas se procesa dentro de los mismos predios, se hace necesario dar un manejo integral a los subproductos generados.

En el caso particular de Belmira, donde se desarrolla la actividad truchícola, existen varios agravantes. Parte de este municipio se encuentra en el Sistema de Páramos Altoandinos del Noroccidente Medio de Antioquia, que abastece el 75% del agua para los habitantes del Valle de Aburrá (Corantioquia, 2015). Desde marzo de 2016, con la resolución del

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) 497, se regulan las actividades que causan impacto negativo, se delimita y se le otorga un manejo especial a esta zona; no obstante, el páramo de Belmira no ha tenido el mejor cuidado en los últimos años y, con un caudal medio aproximado en la zona del embalse de 20 m³/s (Franco, 2011) causa un impacto considerable, dado el poder contaminante de los residuos en las fuentes hídricas (Márquez, 2013). La mala disposición de los residuos en las zonas rurales del municipio se da no solo con las vísceras, sino también en los demás residuos sólidos, inclusive sin registros exactos a nivel municipal (Instituto Humboldt, 2007; Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013; Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2018).

Existe un reporte de la calidad de agua en la laguna Sabanas del Páramo de Santa Inés o Páramo de Belmira, el cual da una idea de las buenas condiciones fisicoquímicas y ambientales (Mendoza *et al.*, 2009), corroborado con presencia de la trucha, que es en sí misma un excelente bioindicador. La legislación ambiental tiende a ser más rígida (Durana, 2014) y las organizaciones se deberán enfocar en alcanzar un mejor desempeño en este aspecto (Segura y Quiroga, 2013). Los páramos como el de Belmira también son agentes económicos, y el impacto acumulativo del agro sobre el recurso hídrico puede afectar la economía, y en un futuro la disponibilidad de agua potable para el valle de Aburrá (Orozco *et al.*, 2018).

La Comisión Europea (2014) plantea que muchos de los residuos de proceso son valiosos, pero en lugar de ser utilizados, menoscaban el ambiente y desperdician su potencial económico. Los bio residuos son un problema en los países desarrollados (García *et al.*, 2017) y algunos autores como Tonini *et al.* (2013) sugieren que, aunque generalmente representan costos ambientales y económicos, con una buena gestión podrían convertirse en una importante ventaja competitiva y mejorar la imagen empresarial frente a la sociedad (Paredes, 2014).

Los residuos representan un gran potencial de sostenibilidad y una posible entrada de recursos económicos; para Colombia hay proyecciones que valoran la cadena del reciclaje en \$658.000 millones de pesos, aun sin aprovechar la totalidad de los recursos (IDEA,

2018). Los generados por la agricultura y los hogares han suscitado un reciente interés; a nivel agrícola son mayoritariamente residuos orgánicos, y se ha demostrado una posible rentabilidad en su uso (Li *et al.*, 2020), justificado en la existencia de empresas que se han dedicado a este segmento; por ejemplo, Bioestibas SAS que procesa 250 toneladas de residuos de floricultura al mes en Antioquia (OMPI, 2020), genera 114 empleos y unas ventas totales de 3,5 millones de USD (OMPI, 2020; PROCOLOMBIA, sf). Consecuente con lo anterior, los residuos de procesamiento pesquero también empiezan a ser considerados como un recurso pesquero, con una valoración aproximada de 600 millones de USD en 2018 (FAO, 2020). El mercado total del aceite de pescado estuvo valorado en 1.905,77 millones USD para el año 2019 (Coppola *et al.*, 2021), el de harina de pescado con una producción en 2021 estimada en 2.443 millones de toneladas métricas (IFFO, sf) y un precio promedio de 1.481 USD por tonelada métrica (Indexmundi, sf), tendría un mercado total de 3.618.083 millones de USD para dicho año; con la aclaración que es un mercado estancado en la oferta y no en la demanda. La FAO (2020) estima que del 25 al 35% del aceite y la harina de pescado proviene de subproductos; es decir, entre 904.520 a 1.266.329 millones USD sería el aporte de la harina de estos en el 2021. Europa ha extendido su uso en la alimentación animal, obteniendo hasta un 54% de su proteína y aceite, 5,7 millones de toneladas procesadas (IPAC, 2020), ayudándole a desprenderse de la pesca y las fluctuantes exportaciones peruanas.

Para el caso colombiano se puede hacer una extrapolación con las 15.000 toneladas anteriormente mencionadas (MADR, 2017), y unos rendimientos de 36% para harina y 7% para aceite de pescado (Ballesta *et al.*, 2021); si se industrializará el total de las vísceras de acuicultura para el año 2017 se obtendrían unas 5.400 tm de harina y 1050 tm de aceite, con valores para el año calculado (2017) de 1415,2 USD y 1927,6 USD respectivamente (Banco Central de Reserva del Perú, sf); ese año se dejaron de obtener ganancias por 7.642.080 USD para harina y 2.023.980 USD en aceite; un total de costo de oportunidad de 9.666.060 USD. Asumiendo que la producción de trucha fue el 17% (MADR, 2017) que es el renglón objetivo, se puede establecer que se dejaron de obtener recursos por valor de 1.643.230 USD para esta especie.

El sector acuícola colombiano es pequeño, corresponde al 0,7% del PIB (AUNAP, 2013b); se estima que existen por lo menos unos 29.400 piscicultores, de los cuales un poco más del 90% son acuicultura de recursos limitados-AREL y generan más del 30% de la producción nacional (AUNAP, 2013b); y Belmira no es la excepción, con poca presencia de grandes productores, la truchicultura allí es manejada fundamentalmente por la Asociación de Truchicultores de Belmira (ASOTRUBEL), la cual presenta varias situaciones por mejorar desde la planeación estratégica (Bustamante *et al.*, 2017), y con volúmenes de producción inferiores a los esperados (López, 2018). Bajo esta caracterización económica, se observa la importancia de generar ingresos extras para los productores, teniendo en cuenta que en algunos casos la razón para no disponer correctamente de las vísceras es que no se cuenta con los recursos suficientes (Dos santos *et al.*, 2015).

4 JUSTIFICACIÓN

Debido a la baja capacidad de financiamiento, los pequeños productores acuícolas deberían estar orientados a la maximización de los recursos; para así ejecutar sus proyectos de manera competitiva e integral; teniendo como particular medida sus condiciones económicas (DANE, 2015b). En el caso específico de Colombia existen lineamientos para este subsector, el plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible (plaNDAS), el cual menciona en su objetivo número 1: “Incentivar el desarrollo de sistemas productivos que aseguren prácticas responsables y sostenibles de acuicultura y que contribuyan a la protección del medio ambiente” (AUNAP, 2014), visto como una actividad económica que tratará mitigar los posibles impactos en la salud pública y en el medio ambiente; complementariamente con el objetivo 9 del mismo que busca “Promover un entorno económico y financiero habilitante para el desarrollo del subsector”; muestran que el enfoque de la acuicultura en el país busca ser sostenible; integrando lo social, lo económico y lo ambiental.

Antioquia es un departamento agrícola según el censo agropecuario (DANE, 2015), la Cámara de Comercio definió las agrocadenas prioritarias, dentro de las cuales propuso la piscicultura a nivel departamental (Cámara de Comercio de Medellín, 2012) acorde con las publicaciones del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR, 2010; MADR, 2017); donde se observó la importancia de la cadena piscícola en el departamento, y en particular la trucha como agente de desarrollo. Por otro lado la zona de Belmira se debe analizar de una manera holística, allí se encuentra un Distrito de Manejo Integrado (DMI): los Páramos del Noroccidente Antioqueño bajo la supervisión de Corantioquia, protegidos según el Acuerdo 358 de septiembre de 2010; para el caso de Belmira, el Páramo de Santa Inés, esencial en el abastecimiento hídrico de la región, en el cual se han identificado, evaluado, alinderado y formulado planes de manejo, prohibiendo inclusive algunas actividades en las zonas críticas (Corantioquia, 2015). Los páramos cumplen funciones naturales, culturales y económicas, dentro de las cuales la más destacada es su capacidad para mantener el ciclo hidrológico (Vargas y Velazco 2011).

5 MARCO TEÓRICO

5.1 Sector acuícola

La acuicultura colombiana genera al menos unos 33.376 empleos directos y unos 100.728 indirectos (MADR, 2015); equivale a más de 400.000 millones de pesos (MADR, 2015). Ha tenido un impulso en los últimos años con la conformación de la AUNAP, donde se da la separación de las funciones de pesca y acuicultura del sector agropecuario del ya liquidado INCODER, según el Decreto 2625 del 17 de diciembre de 2012; indicador del interés del Estado por el sector.

En el censo nacional agropecuario se registran 25.084 UPA (Unidad de Producción Agropecuaria) con inventario acuícola (DANE, 2015), donde Antioquia posee el 10.8%, es decir 2.762 UPAs (DANE, 2015), lo que denota la gran participación acuícola en términos de unidades por el departamento.

La producción de trucha en el país se reporta en diferentes departamentos; un 7,3% de la producción nacional se dio en Antioquia, siendo el cuarto con mayor participación después de Boyacá, Nariño y Cauca (AUNAP, 2018). La trucha representó un 46,33% de la producción para el 2018 (AUNAP, 2018), lo que muestra su relevancia principalmente en los municipios de Belmira y Jardín (Cámara de Comercio Medellín, 2012; Corantioquia, 2016); por tanto, se podría decir que Antioquia es un departamento truchicultor, y particularmente en la jurisdicción de Corantioquia es fundamental la actividad (Corantioquia, 2016; MADR, 2020).

El Estudio Nacional del Agua (ENA) evidenció el incremento en el consumo del recurso hídrico en un 5%, dentro de los cuales, el sector piscícola fue uno de los implicados con mayor aumento (IDEAM, 2018). Esto es de sumo cuidado, pues Belmira posee una gran participación en la truchicultura departamental de manera localizada (Cámara de Comercio de Medellín, 2012).

El censo nacional agropecuario analizó que en las UPAs se protegen las fuentes hídricas, observándose que el 64,7% de los productores declaró hacerlo (DANE, 2015). La actividad principal se refirió a conservar la vegetación (72,2%) y la plantación de árboles

(21,1%); solo un 0,8% expresó realizar algún manejo en las aguas una vez aprovechadas. Para el caso específico de Antioquia, solo 823 UPAs, hacen tratamiento a las aguas residuales (DANE, 2015). Se pudo observar que en general, la mayoría declara una protección pasiva, lo cual podría denotar una necesidad de la conciencia hacia una participación más activa.

Con respecto al manejo de residuos sólidos, el 39,1% de las UPAs declaró realizarlo; particularmente con la reutilización de los desechos animales o vegetales, de los cuales 79,2% van orientados a la fertilización de suelos, el 9% a la alimentación animal y el 8,2% a compostados. En Antioquia, principalmente son utilizados como fertilizantes (24.511) y de las 31.336 UPA, solo 2.042 lo utilizan para alimentación animal (DANE, 2015).

5.2 Municipio de Belmira

El municipio de Belmira pertenece a la subregión del norte de Antioquia y se encuentra localizado en la zona noroccidental del departamento, en la parte alta de la cordillera central, con una altura promedio de 2550 m.s.n.m y una temperatura de 14 °C. Posee una extensión de 279 km² (Alcaldía de Belmira, 2018) y una población de 6.760 habitantes (Secretaría de planeación de Belmira, 2015), de los cuales el 72,9% no reside en la cabecera municipal (DANE, 2015b) y con un Índice de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) por encima del departamental 13,39% con respecto al 10,73% (DANE, 2015b), siendo la dependencia económica (9,34%) para la población rural, el valor con mayor proporción (DANE, 2015b).

El PIB de Belmira está estimado en 153 mil millones de pesos (Universidad de Antioquia, 2020), su economía se basa principalmente en tres productos: leche, papa y trucha (Alcaldía de Belmira, 2018), siendo fundamentalmente agropecuaria con el 58,45% de participación (Universidad de Antioquia, 2020). La subregión del norte históricamente ha estado muy relacionada con la producción de leche (Londoño, 2016) y Belmira no es la excepción; sin embargo, el patrimonio cultural está más encaminado a otra actividad económica; las fiestas de la trucha son representativas del municipio y se celebran a final de año, entre noviembre y diciembre desde 1987; esta es organizada por la Asociación de Truchicultores de Belmira (ASOTRUBEL) con su respectiva personería jurídica

(Confecamaras, 2019), permitiendo el arraigo hacia la producción de trucha. Lastimosamente no hay información específica respecto a la producción total de la truchicultura en Belmira, y por ende su participación en el PIB municipal o su peso porcentual a nivel departamental o nacional; solo se sabe que Belmira posee un 2% de los acuicultores a nivel nacional (ver anexo 2), lo no quiere decir directamente un 2% de la producción.

Desde hace varios años se ha generado preocupación por el impacto ambiental de las actividades pecuarias. En el informe presentado por el Instituto Humboldt (2007), se realizó un diagnóstico del páramo de Santa Inés (Belmira) y del municipio, donde se pudo observar el manejo ambiental que había tenido la zona. Para aquella época el municipio tenía varias falencias, el 52% no contaba con un buen sistema de manejo de residuos y solo el 8,2% tenía pozos sépticos (Instituto Humboldt, 2007). En el uso del recurso hídrico, las actividades económicas que generaban mayor contaminación eran los vertimientos industriales, y dentro de ellos la truchicultura con otros sistemas agropecuarios y agroindustriales (Instituto Humboldt, 2007). En contraposición a esta perspectiva, en el Páramo de Letras que guarda cierta similitud con el páramo de Belmira, se presenta la trucha como una alternativa sostenible y económica a las otras dos actividades (leche y papa) (López *et al.*, 2007) con ciertas medidas de mitigación; sin embargo, es bien sabido que la mala disposición y gestión de subproductos generan problemas de sostenibilidad en las áreas de protección ambiental (Russ y Meyer 2004).

En la zona de Belmira se han hecho diversos trabajos para generar conciencia socioambiental fomentados principalmente por Corantioquia; el 77,2% de sus pobladores creen que su bienestar está influenciado por el páramo y más del 60% consideran que los mayores beneficios son los ambientales (Instituto Humboldt, 2007), por lo cual se esperaba que fueran bastante receptivos ante las medidas de gestión.

5.3 Caracterización de la asociación de truchicultores de Belmira

La Asociación de Truchicultores de Belmira (ASOTRUBEL) agrupa la mayor parte de los productores de Belmira, exceptuando dos: Truchas del Páramo (Juan Garcia, productor de alevinos del municipio) y la finca San José (Oscar Gómez) (Umata de Belmira, 2022).

La asociación tiene su propio centro de acopio y punto de venta ubicado en el casco urbano de Belmira, donde distribuye trucha en lomos, en corte mariposa, entera, cabezas y espinas de truchas. Actualmente cuenta con una producción promedio de 150 kg/mes de trucha por productor (comunicación verbal representante legal Asociación de Truchicultores de Bemira, 2021), con 10 asociados y una capacidad máxima de producción de 6 toneladas/mes (comunicación verbal productor Asociación de Truchicultores de Bemira, 2022). No están georeferenciados desde la Umata (Umata de Belmira, 2022); si bien, la distancia establecida por la misma entidad es de unos 5 a 7 kilómetros de un productor a otro (Umata de Belmira, 2022); poseen una producción asincrónica, justificada en que cada productor trabaja a su ritmo y posteriormente lo llevan al centro de acopio o lo venden por su cuenta (Umata de Belmira, 2022). Varios de ellos cuentan con otras producciones agropecuarias complementarias a la actividad truchícola o viceversa, no siendo la trucha su actividad económica principal.

5.4 Economía circular

El concepto de optimización surge de un principio de economía: los recursos son valiosos y escasos (ley de escasez), por lo cual se debe hacer un uso racional de los mismos (Parkin, 2010); con relación a lo anterior, juega un papel fundamental el desarrollo sostenible, considerando los factores económicos, sociales y ambientales con una mirada a las generaciones futuras (ONU, 1987; Ghisellini *et al.*, 2016; Kirchherr *et al.*, 2017); sin embargo, surgen preguntas metodológicas al respecto: ¿cómo se deben implementar?. Una de las propuestas es la economía circular, la cual ha venido cobrando fuerza en los últimos años (Schut y Crielaard, 2015).

Según la Comisión Europea, con una mayor trayectoria en este tema, se pueden implementar las 4R: reusar, reciclar, reutilizar y reducir (Commission European, 2008), reincorporando la mayor cantidad de recursos aprovechables al sistema y así reducir los desechos reales. Se pretende enmarcar en estos ideales el manejo de las vísceras de pescado, con una mayor eficiencia económico-ambiental dentro de las organizaciones. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que se puede generar una predisposición si solo ven los costos del manejo ambiental y no un beneficio económico, dado que, de no

hacerlo adecuadamente se podría incurrir en costos mucho mayores y desaprovechar los recursos; situación que se ha presentado en la parte agrícola al implementar las normas ISO 14001, que están diseñadas para mitigar el daño ambiental, pero generan costos adicionales y los productores no perciben el beneficio (Dekamin and Barkami, 2019).

5.5 Aprovechamiento de residuos

En el procesamiento de los productos cárnicos, los residuos son de alto interés, debido a que el mal manejo de estos puede generar problemas de salubridad, como contaminación y propagación de enfermedades (Ambrosio, 2015; Cadavid *et al.*, 2019). Principalmente son vísceras y dependiendo del producto final, se pueden obtener adicionalmente carcasas, aletas y cabezas.

Según la FAO, en el manual de truchicultura, el manejo de desechos sólidos para el tratamiento de las vísceras indica como actividad principal quemarlas o enterrarlas (FAO, 2014b); pero, debido a la necesidad de aprovecharlas y disminuir el impacto ambiental se plantean otros métodos. En los sistemas de producción pecuaria como bovinos o porcinos, algunos de los residuos de eviscerado se utilizan para la alimentación humana y tienen un mercado establecido, los demás se procesan y van dirigidos a alimentación animal, fertilizantes o combustibles (Nollet and Toldra, 2011). Para el caso puntual del pescado se tienen sugerencias como el uso de biodigestores, ensilado químico o biológico, elaboración de harina de pescado (FAO, 2014b), extracción de aceites (Mota *et al.*, 2019) y biomoléculas (Wilson *et al.*, 2011).

Las vísceras de pescado son residuos complejos de disponer, debido a varios factores como poseer alta carga microbiana *per se* potencialmente patógena, ser susceptibles a la descomposición, elevado contenido de agua, alta auto oxidación lipídica (Jayathilakan *et al.*, 2012) y enzimas propias (Russ *et al.*, 1997) que catalizan el proceso deteriorativo.

5.5.1 Ensilajes

El ensilaje es un método de conservación que utiliza partes del pescado o la totalidad del mismo, obteniendo un producto semilíquido por la sinergia entre un medio ácido y la acción de las enzimas proteolíticas endógenas del pescado; induciendo la hidrólisis sin degradar

la materia prima por la eliminación de bacterias descomponedoras (FAO, 2018b). Se presentan dos variaciones según como se acidifique el medio: el ensilaje químico y el biológico.

El ensilaje químico se obtiene por la acción enzimática propia del pescado y la adición de algún ácido (FAO, 1997); el fórmico es el más común, pero también se ha usado el fosfórico (Soares *et al.*, 2019), el acético (Terra *et al.*, 2010), el sulfúrico (Santana *et al.*, 2008), el clorhídrico (Rungruangsak and Utne, 1981), el propiónico y el cítrico (Gao *et al.*, 1992; Lo *et al.*, 1993). En caso tal que la acidificación sea vía bacteriana o por otros microbios (starter) se denomina ensilaje biológico; principalmente lactobacilos, los cuales convierten un carbohidrato simple en ácido láctico, generalmente se recurre a la melaza por su facilidad de adquisición, pero también se ha utilizado remolacha azucarera (Fagbenro and Jauncey 1995), harina de yuca (Perea *et al.*, 2017), sacarosa (Reyes *et al.*, 2013), dextrosa (Kumar *et al.*, 2010) y lactosa (Hassan and Heath, 1987). Este proceso finaliza a un pH cercano a 4, donde se reduce significativamente el crecimiento bacteriano (Góngora, 2012).

El ensilaje ofrece diversos beneficios, dentro de los cuales se podrían mencionar que es una tecnología económica, aplicable a pocas cantidades de residuo; química y microbiológicamente estable, no requiere de mucha mano de obra, no atrae insectos, ni genera olores desagradables. El producto final se ha utilizado para la alimentación de monogástricos como pollos, cerdos y peces (Santana *et al.*, 2008; Nørgaard *et al.*, 2012; López *et al.*, 2014), considerándose como un sustituto de la harina de pescado de bajo costo y fácil de producir (Olsen y Toppe, 2017).

La alimentación representa el mayor costo de producción dentro del sector pecuario (FAO, 2012); en avicultura, puede ser el 65% de dichos costos y no difiere en gran medida con otras actividades; en porcicultura pueden llegar hasta el 80% (Méndez *et al.*, 2016), y en piscicultura rondan el 60% (MADR, sf); situación que debería analizarse para mejorar la competitividad. Las investigaciones sobre el aporte del ensilaje en avicultura muestran una disminución de hasta el 22,2% de los costos de alimentación, siendo así un aporte prometedor (López *et al.*, 2014; Opheim *et al.*, 2016).

5.5.2 Antecedentes de usos de ensilajes biológicos en Colombia

La producción de ensilajes en Colombia ha tenido varias publicaciones en el ámbito académico, algunas instituciones han recomendado y desarrollado esta práctica. El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas analizó la magnitud del problema con respecto a los residuos de las pesquerías para el caso de la Amazonía (SINCHI, 2004), además, en el año 2007 generó un manual del proceso artesanal para la elaboración de un ensilaje biológico a partir de vísceras de pescado, provenientes de la pesca y su respectivo almacenamiento (SINCHI, 2007); allí se logra desarrollar entre varias entidades académicas una cartilla sencilla, que muestra como utilizar los residuos del pescado mediante fermentación, lo cual da origen un producto duradero que puede utilizarse como fuente de proteína. La elaboración de los subproductos tuvo varios procesos centrales como recolectar las vísceras, preseleccionarlas, calentarlas, molerlas, adicionarles bacterias acidolacticas, mezclarlas y fermentarlas en los recipientes (bolsas). En ese caso se planificó una producción de 10 kg de producto terminado (ensilaje), de los cuales 8,7 kg fueron vísceras, 300 ml yogurt y un kilogramo de melaza, lo que condujo a un ahorro del 8% de los costos de alimentación de pollos (SINCHI, 2007).

Con el ensilaje producido elaboraron una dieta artesanal compuesta por 2 kg del ensilado húmedo, más 2,5 kg de salvado de trigo y medio kilo de harina de trigo (SINCHI, 2007).

En la Universidad Nacional se ha desarrollado para algunas especies nativas ensilaje biológico de vísceras en el departamento de Arauca (Martínez, 2003). En Colombia, el enfoque ha estado orientado a evaluar el desempeño de las dietas en especies animales (Botero, 2012; Gómez *et al.*, 2014b; López *et al.*, 2014; Perea, 2016; Yumbra, 2017) y la estabilidad del ensilado (Holguín *et al.*, 2009); se han realizado tesis de maestría para la elaboración de harinas de co-productos de pescado (Osorio, 2015). En la Universidad de Antioquia, se realizó un trabajo sobre la estandarización de los procesos químicos y biológicos, con diferentes ácidos y sustratos en vísceras de cachama (Vásquez, 2015); incluso existe una referencia de una evaluación técnico-económica del Ministerio de Agricultura para ensilaje de tilapia (Hoyos, 2009). Perea (2016) recoge varias de sus investigaciones en ensilaje de vísceras de trucha y su uso en la alimentación de tilapia

roja. Todas estas investigaciones demuestran que las vísceras pueden ser un buen sustituto para la harina de pescado, la cual escasea actualmente, y entonces así bajar los costos de alimentación (Perea *et al.*, 2018, Garcés *et al.*, 2015). Se ha planteado la posibilidad de llevar a cabo el ensilaje con diferentes insumos, como una alternativa según la disponibilidad del productor (Perea, 2016).

5.5.3 Extracción de aceites

Existen reportes para la extracción de ácidos grasos polinsaturados en cabezas y vísceras de salmón (Bechtel, 2003), en dichos procesos el almacenamiento de los subproductos es un punto crítico; tanto así, que determina la calidad final o incluso la posibilidad de uso (Wu and Bechtel 2008). En Tolima, Pinzón y Sánchez (2016), realizaron un estudio piloto para la transformación de aceite de pescado a biodiesel, dando un rendimiento del 56% dentro de los parámetros recomendados por Chang-Yuan and Rong-Ji (2009).

El consumo energético a nivel global fomenta el interés en este tipo de aprovechamiento; especialmente en países como Estados Unidos (Cooper *et al.*, 2014), Irán (Yahyaee, 2013) y Brasil (Martins *et al.*, 2015), la extracción de aceites para la generación de biodiesel podría ser una alternativa parcial a los combustibles fósiles.

5.5.4 Biodigestores

Otra de las soluciones para la disposición de residuos es el uso de biodigestores; el proceso consiste en llevar los desechos orgánicos a un medio anaerobio, bajo estas condiciones las bacterias empiezan a descomponerlos, produciendo gas metano y abono (Bolívar y Ramírez, 2012). El resultante se divide en tres fracciones: biogás (energía), biol (parte líquida) y biosol (parte sólida), que son usadas como fertilizante (Felipe y Moreno, 2005).

Respecto a la utilización de biomasa para la obtención de energía mediante este proceso, ha sido implementada en otros países como China e India (FAO, 2011); en el caso de Colombia, el Ministerio de Minas realizó un estudio de las posibles fuentes orgánicas; sin embargo, no se consideró el sector piscícola (UPME, 2015).

5.5.5 Elaboración de harinas

Este método ha sido implementado en las grandes pesquerías, donde las capturas que no tienen interés comercial, se utilizan como materia prima (FAO, 2016); se requieren grandes cantidades, y algunos autores plantean la inviabilidad de una planta procesadora de harina para pequeñas producciones (Olsen y Toppe, 2017); no obstante, cabe resaltar que se ha sugerido como una alternativa para la gestión de los subproductos, y su posterior aprovechamiento en la alimentación animal (Kim *et al.*, 2019).

El proceso de elaboración de harinas consiste en llevar la materia prima a altas temperaturas y posteriormente extraer el aceite y la humedad con diferentes procesos como prensado, centrifugado y secado (Bazurto, 2018); aunque también se ha propuesto un tratamiento diferencial de secado para conservar los componentes labiles y de interés relevancia en los subproductos (Toyes *et al.* 2016).

5.5.6 Utilización de biomoléculas y salud humana

El uso de biomoléculas de los residuos pesqueros ha tenido auge en los últimos años debido a sus propiedades bioactivas, esto ha influenciado la industria médica y alimentaria con varios ejemplos destacables: los agentes inhibidores de la angiotensina han demostrado ser útiles en el tratamiento de la hipertensión (Bougatef *et al.*, 2008; Wilson *et al.*, 2011), la hidroxiapatita extraída de la carcasa se ha estudiado como implante en afecciones óseas (Mondal *et al.*, 2019). En el sector alimentario también ha surgido interés por sus propiedades emulsificantes (Siewe *et al.*, 2019), por conferirle nuevos atributos a productos como gelatinas y colágeno, que además entrarían más fácil a los mercados que no consumen cierto tipo de alimentos o incluso certificaciones como la Khoser (Acevedo *et al.*, 2018). En Brasil se han estudiado sus propiedades para mejorar los procesos de cicatrización e incluso transplante de tejidos (Guerrero, 2020). Estos desarrollos son bastante prometedores en áreas cruciales; pero se requiere un alto uso de tecnología y capital que debería ser impulsado por la industria, el sector público y la academia.

5.6 Cultivo de trucha

Los salmónidos son una familia de gran importancia para la acuicultura, pero también lo han sido para la pesca y el ecosistema; en ella se hallan diversas especies de truchas y salmones, peces eurihalinos de aguas frías. En el caso particular de Colombia se encuentra la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), que fue introducida en el año de 1938 (Parrado, 2012; FAO, sf) como un incentivo a la producción pesquera, donde la especie prosperó. Es originaria de los ríos de América del Norte; pero, debido al conocimiento zotécnico, la facilidad de consecución de ovas, el buen crecimiento y el interés para la pesca deportiva, se trajo al país.

La trucha arcoíris es llamada así por las distintivas franjas iridiscentes en la parte del dorso, es un pez fusiforme de aguas oligotróficas con hábitos carnívoros, en el medio natural se alimenta de pequeños insectos, crustáceos y peces de menor tamaño, siendo bastante voraz y activo; dominante en lagos y ríos incluso por fuera de su distribución natural (OESA, 2013). La trucha arcoíris puede alcanzar un tamaño de 80 centímetros de longitud, no obstante, lo normal varia entre 20-40 cm y 0.5-6 kg (Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, sf).

En el cultivo de esta especie, la cantidad y la calidad del agua son los factores más importantes, siendo ideal un oxígeno superior a 7,0 mg/l en la entrada de los estanques y una transparencia total (Corantioquia, 2016). Los salmónidos en países tropicales solo se pueden desarrollar en condiciones de alta montaña, debido a que la temperatura óptima para la trucha arcoíris es de 15 C° (Corral *et al.*, 2000). En Colombia, la cordillera de los Andes es la que coincide con las temperaturas requeridas por la especie (AUNAP, 2013c), allí nacen gran parte de las riquezas hídricas del país, pero igualmente se implementa esta actividad, por ende, la amplia restricción en algunos sitios (AUNAP, 2013c). Antioquia tiene un gran potencial para el cultivo de truchas, con 300.257 hectáreas óptimas, superado por Boyacá con 2.147.027, siendo el departamento con mayor cantidad de área donde se podría desarrollar (AUNAP, 2013c).

5.7 Designación de la producción de trucha en Colombia

La producción acuícola en el país ha tratado de mejorar la competitividad dada la cercanía con mercados interesantes a nivel internacional (MADR, 2020); pese a esto, la trucha colombiana solo ha incursionado en los de Estados Unidos, Alemania y Canadá (MADR, 2020), desaprovechando que los salmónidos poseen una carne muy apreciada en el comercio internacional. El país produce anualmente cerca de 24.620 toneladas de trucha (MADR, 2020) y en 2019 se exportaron 1.851 ton (MADR, 2020); y aunque Colombia tiene déficit en la balanza comercial pesquera, no registra grandes importaciones de trucha según los datos presentados por el Ministerio, solo 345 toneladas al año (MADR, 2020).

Cuando se analizan los posibles productos sustitutos de la trucha en las importaciones, el salmón chileno es el mayor referente, este alcanzó un valor de 28.970.776 USD para 2016 (ProChile, 2017). En cuanto a las exportaciones, Estados Unidos es el mayor importador y el principal socio comercial con 567 toneladas de trucha para el año 2016 (MADR, 2017). Para el año 2019, con una producción de 26.620 toneladas, con exportaciones del orden de 1.851 ton y bajas importaciones, daría como resultado un consumo aparente aproximado de 0,5 kilos de trucha por habitante/año, coherente con lo reportado por el Ministerio de Agricultura en 2017 (MADR, 2017).

En Latinoamérica el consumo de pescado es significativamente menor con pocas excepciones (Perú, Chile y Surinam); mientras el global está en 20,5 kg/per cápita/ año, en Latinoamérica fue de 10,5 kg/per capita/año, lo cual se ve reflejado en un menor comercio regional (FAO, 2020). Desde el punto de vista de las vísceras, estas hacen parte de un mercado como subproductos pesqueros no comestibles; cuya participación en el mercado fue de 600 millones de USD anuales a nivel mundial, comercializados principalmente como harina de pescado (FAO, 2020); la información es escasa a nivel específico, se tiene referencias de algunos subproductos en varias partidas arancelarias, que varían fundamentalmente por su método de conservación (partidas arancelarias 0302.91 refrigerado/fresco y 0303.91 para congelados); siendo los hígados, las huevas y lechas los únicos con registro como conglomerado en Colombia (DIAN, sf), esto debido a que normalmente el hígado de algunas especies acumula las grasas, de donde luego se

extraen los lípidos (omegas) para preparar productos comerciales, y las huevas que están relacionadas con el caviar y sus sucedáneos; del mismo modo el Observatorio de Complejidad Económica (OEC) al igual que en Colombia solo evalúa comercialmente los despojos orientados al consumo humano (OEC, 2020).

6 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la revisión sistemática de la literatura se empleó el método sugerido por Gómez *et al.* (2014a); el cual plantea tres pasos: definición del problema, búsqueda de la información y organización de la misma.

La definición del problema se realizó mediante el sondeo previo de literatura en la construcción de la propuesta, la visita a un productor y la consulta con la representante legal de la asociación sobre la situación actual.

La búsqueda de información se restringió a artículos de revisión e investigación en idioma inglés y español. En esta etapa se emplearon los buscadores Science Direct y Scielo, el lapso de tiempo estuvo restringido hasta diciembre del año 2019. Las ecuaciones de búsqueda fueron:

“Ensilaje”+”biológico”+”vísceras”+”pescado”

“Ensilaje”+”biológico”+”entrañas”+”pescado”

“Ensilaje”+”biológico”+”tripas”+”pescado”

“Ensilaje”+” vísceras”+”pescado”

“Silage”+”biological”+”guts”+”fish”

“Silage”+”biological”+”giblets”+”fish”

“Silage” +”biological”+”insides”+”fish”

“Silage”+”biological”+”viscera”+”fish”

“Silage”+ “viscera”+”fish”

Para la organización de resultados se tomaron en cuenta los criterios de fecha, país, enfoques y subenfoques; con el objetivo de analizar hacia dónde va el flujo de información y qué se ha trabajado; a su vez, una clasificación para conocer la distribución por especie en los artículos zootécnicos.

En el análisis de la propuesta se utilizó la metodología de la matriz de ponderación, para determinar cuáles son las alternativas más atractivas ante una cantidad de posibilidades (García *et al.*, 2016). En este caso, seis modelos tecnológicos referenciados en el marco teórico; se establecieron criterios de evaluación según los objetivos del desarrollo sostenible, con el fin de conservar los recursos bióticos y abióticos para las futuras generaciones y su subsistencia. Se definieron: factor social, económico y ambiental; además del factor técnico para analizar la viabilidad de la propuesta.

Se analizaron seis modelos tecnológicos: ensilaje químico, ensilaje biológico, extracción de aceites, elaboración de harinas, biomoléculas y biodigestores. Se prescindió de los que tenían una aprobación por debajo del 70%, por tener una menor posibilidad de ejecución, poco beneficio socio-económico o que no cumplieran con la conservación del ambiente; siendo el 100% la calificación máxima, se escogieron aquellos modelos que más se acercaran a esta, es decir, una calificación total de 3,5 o superior como las metodologías de interés para proseguir con la propuesta (García *et al.*, 2016).

Para describir el desempeño de cada factor se utilizaron unos porcentajes subjetivos; asignándole un 30% al factor económico debido a la caracterización de la población objetivo, un 30% al técnico para dar peso a la posibilidad de uso del respectivo modelo tecnológico; finalmente un 20% al tema social y 20% al ambiental para evaluar como un todo el desarrollo sostenible. Para ser más específico se definieron y evaluaron subfactores para cada factor con base en la información recopilada en el metaanálisis, los cuales fueron los siguientes:

Subfactores económicos

Inversión: es la cantidad inicial de dinero que tiene que desembolsar el productor, representada en activos de alto valor, como maquinaria o modificaciones de infraestructura especiales.

Valor final del producto: el precio de venta en el mercado que tiene dicho bien o en su defecto el bien a sustituir.

Tiempo requerido en el proceso: el tiempo de elaboración desde la materia prima hasta el producto final.

Posibilidad de procesar pocas cantidades de residuos: si con las cantidades producidas se puede suplir la demanda en términos de continuidad y cantidad.

Subfactores técnicos

Complejidad del proceso: está determinado por qué tan complejos sean los modelos tecnológicos en cuanto a recursos técnicos (conocimientos especializados o múltiples procesos).

Regulaciones del producto final: qué tan regulado se encuentra el proceso técnico para llevar a cabo el producto final.

Posibilidad de uso en Belmira: se analiza las limitaciones de los procesos, puesto que las condiciones agroclimáticas del municipio son de temperaturas bastante bajas.

Posibilidad de autoconsumo: se evaluó si el producto tiene la posibilidad de ser aprovechado por el mismo productor.

Subfactores ambientales

Dispone de la totalidad de los residuos: evalúa si el proceso puede utilizar la totalidad del residuo o es necesario implementar otros métodos adicionales.

Consumo de energía eléctrica: si se presenta consumo de energía eléctrica, generalmente representada en la utilización de maquinaria y equipo.

Consumo de agua: si se presenta consumo de agua, generalmente representada en procesos.

Generación de olores: evalúa si se pueden presentar generación de malos olores en la disposición final de las vísceras.

Contaminación del agua/suelo: evalúa si se presenta otros procesos de contaminación adicional en la disposición de las vísceras.

Subfactores sociales

Salud pública: evalúa si se puede presentar factores sanitarios que generen propagación de enfermedades o problemas de salud pública.

Generación de conciencia social: evalúa si el proceso puede ser fácilmente replicado por otros productores y así ayudar a la propagación de una conciencia social.

Para los factores y subfactores se utilizó una calificación de 1 a 5 adaptando la metodología utilizada por Alemán (2017) de la siguiente manera: 1 el factor no cumple absolutamente con nada del criterio, 2 cumple muy poco con el criterio, 3 cumple algo del criterio, 4 cumple mucho del criterio, 5 cumple totalmente con el criterio; y se implementó las mismas puntuaciones y criterios para todos los modelos tecnológicos manteniendo la uniformidad en la evaluación (García *et al.*, 2016). Para el criterio de calificación porcentual su valor resulta de multiplicar la calificación parcial por el peso porcentual del subfactor; siendo el peso porcentual de cada subfactor la división entre el peso del factor y el número de factores evaluados.

7 RESULTADOS

Para la búsqueda de la información se tuvieron los siguientes resultados (Tabla 1):

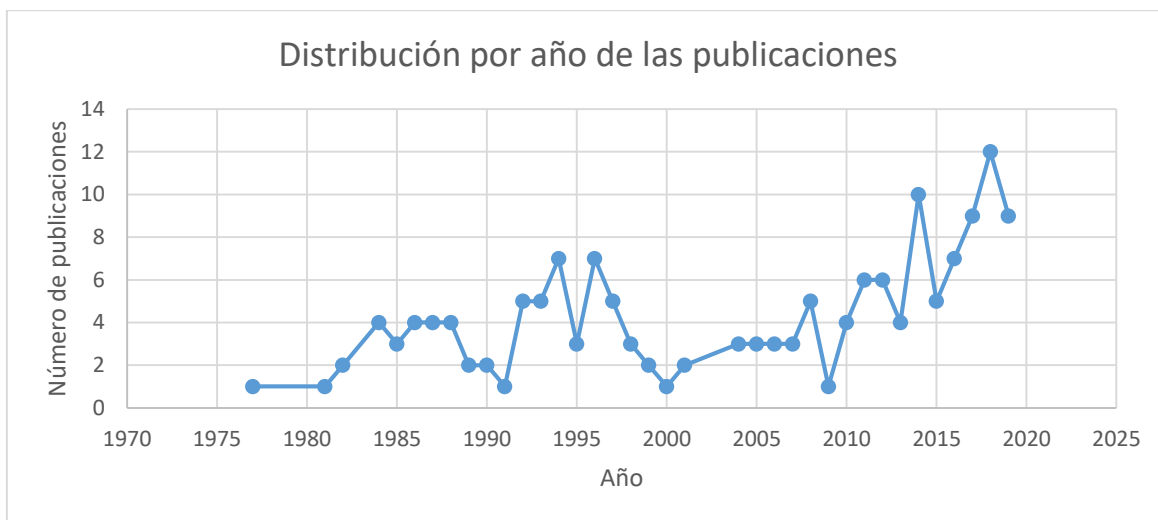
Tabla 1 Ecuaciones de búsqueda para cada base de datos electrónica

Criterio de búsqueda	Núm. artículos encontrados	Buscador o plataforma
silage + biological + insides +fish	418	ScienceDirect
silage +viscera +fish	261	ScienceDirect
silage + biological + viscera +fish	230	ScienceDirect
silage + biological + guts + fish	42	ScienceDirect
silage + biological + giblets + fish	4	ScienceDirect
ensilaje + biologico + vísceras + pescado	164	Scielo
"ensilaje" + "biológico" + "tripas" + "pescado"	0	Scielo
"ensilaje" + "biológico" + "entrañas" + "pescado"	0	Scielo

El total de artículos que se consultaron en la revisión fue de 526 de la Tabla 1, una vez se eliminaron los repetidos por ecuación, solo 157 trataban la temática de interés; 29 exclusivamente de ensilaje de pescado, 69 de vísceras y 59 con ambas temáticas. La publicación más antigua data de 1977 (Olley and Thrower) hasta la fecha límite de la búsqueda (Gonçalves *et al.*, 2019; Siewe *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2019; Soares *et al.*, 2019) (Gráfico 1). En cuanto a la distribución por países; Noruega tiene 19 de las publicaciones al igual que Colombia, seguidos por Estados Unidos y Canadá con 15, Brasil con 12, India y Escocia con 10, España y México con 8, para un total de 116 artículos, que comprenden los países con más investigaciones.

En los estudios revisados, los principales enfoques fueron: nutrición con 77 artículos, económico con 44, salud humana con 10 y ambiental con 6; algunos multiples como: económico-ambiental 3, económico-nutricional 5, nutricional-ambiental 1 y 10 de otros enfoques.

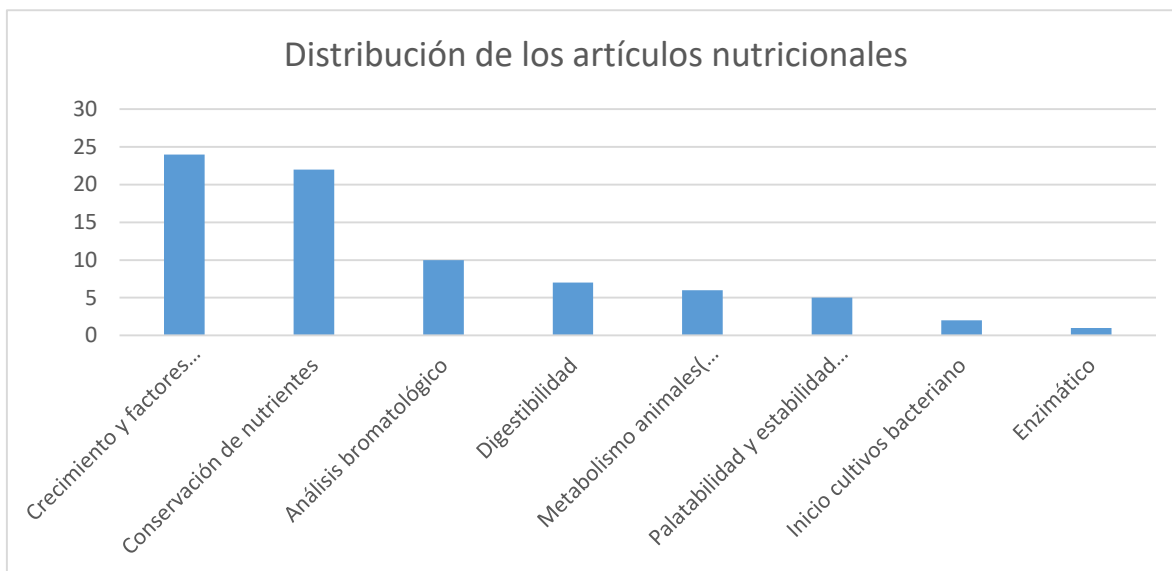
Gráfico 1. Distribución por año de las publicaciones



La distribución de los artículos nutricionales (Gráfico 2) fue:

Crecimiento y factores zootécnicos	24
Conservación de nutrientes	22
Análisis bromatológico	10
Digestibilidad	7
Metabolismo animal (genética e inmuno-estimulación)	6
Palatabilidad y estabilidad del pienso	5
Inicio cultivos bacterianos	2
Procesos enzimáticos	1

Gráfico 2. Distribución de los artículos nutricionales



Subdivisión de los artículos nutricionales

Tabla 2. Distribución de los artículos de crecimiento y factores zootécnicos

Crecimiento y factores zootécnicos	Cantidad de artículos
Salmónidos	4
Pollos	3
Tilapia	3
Cerdos	2
Ratas	2
Abulón	2
Bagre	2
Zorros y visones	1
Novillos	2
Ovinos	1
Pulpo	1
Camarón	1
Total	24

Tabla 3. Distribución de los artículos de conservación de nutrientes

Conservación de nutrientes	Cantidad de artículos
Conservación de nutrientes y oxidación lipídica en el ensilaje biológico	6
Indicadores de deterioro del ensilaje	2
Conservación microbiológica	1
Conservación ensilaje químico	3
Ensilaje biológico de crustáceos	1
Autólisis del sedimento del ensilaje	1
Efecto fermentación alcohólica-láctica	1
Efecto co-secado con harinas de residuos de pollo	1
Encimas exógenas	2
Ensilaje de vísceras de pollo	1
Efectos antioxidantes del hidrolizado de pescado	2
Deterioro diferencial de las partes del pescado	1
Total	22

Tabla 4. Distribución de los artículos bromatológicos

Bromatológicos	Cantidad de artículos
Efectos ambientales sobre la composición bromatológica del ensilaje	3
Caracterización bromatológica del ensilaje	1
Aceite de pescado	1
Hidrolizado de pescado	1
Ensilaje biológico en residuos de fileteo	1
Ensilaje de abulón	1
Residuos de plantas de beneficio	1
Capacidad de enriquecer alimento vivo mediante el uso del ensilaje	1
Total	10

Tabla 5. Distribución de los artículos de digestibilidad

Digestibilidad	Cantidad de artículos
Trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	3
Abulón (<i>Haliotis rufescens</i>)	1
Harina de residuos de pollo en tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1
Cachama (<i>Piaractus brachypomus</i>)	1
Arawana (<i>Osteoglossum bicirrhosum</i>)	1
Total	7

Tabla 6. Distribución de los artículos de metabolismo animal

Metabolismo de animales	Cantidad de artículos
Imunización de peces por bacterias ácido lácticas en el ensilaje	3
Desarrollo del sistema inmune por consumo de ensilaje, aceite o hidrolizado de pescado en abulón	2
Capacidad del abulón para retención de lípidos en condiciones de inanición	1
Total	6

Tabla 7. Distribución de los artículos de palatabilidad y estabilidad del pienso

Palatabilidad	Cantidad de artículos
Efecto del ensilaje en la ingesta	4
Estabilidad del pellet con ensilaje de pescado	1
Total	5

Tabla 8. Distribución de los artículos inicio de cultivos bacterianos

Inicio de cultivos bacterianos	Cantidad de artículos
Efecto de los componentes nutricionales en el crecimiento bacteriano	2
Total	2

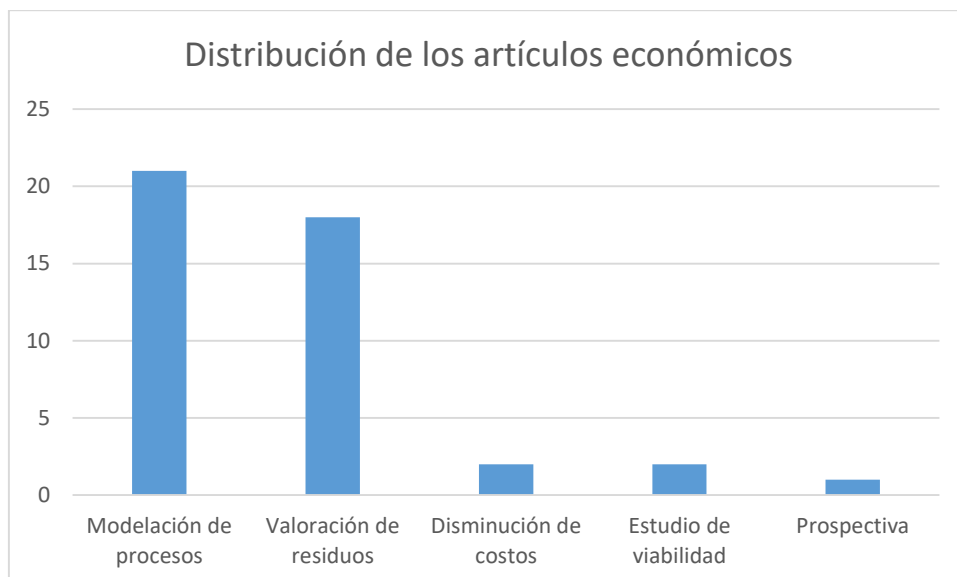
Tabla 9. Distribución de los artículos enzimáticos

Enzimáticos	Cantidad de artículos
Actividad de la tiaminasa en ensilaje de pescado	1
Total	1

La distribución de los artículos económicos (Gráfico 3) fue:

Modelación de procesos	21
Valoración de residuos	18
Viabilidad	2
Disminución de costos	2
Prospectivas de la acuicultura en Colombia	1

Gráfico 3. Distribución de los artículos económicos



Subdivisión de los artículos económicos

Tabla 10. Distribución de los artículos de modelación de procesos

Modelación de procesos	Cantidad de artículos
Potencial de la Actividad enzimática	5
Producción de metabolitos de interés por bacterias ácido lácticas	4
Métodos para extracción de aceite	2
Producción biometano con residuos de pescado	2
Proceso de ensilaje biológico	2
Fermentación ácido láctica- alcohólica	1
Ensilaje químico de mortalidades	1
Compostaje	1
Extracción de aminoácidos	1
Extracción de carotenoides en residuos de camarón	1
Bioreactor para la producción de proteasas	1
Total	21

Tabla 11. Distribución de los artículos de valoración de residuos

Valoración de residuos	Cantidad de artículos
Biomoléculas de interés (péptidos bioactivos entre otros)	6
Análisis de residuos para la producción de biometano	3
Alimentación animal	3
Extracción de aceites tipo biodiesel para uso motriz	2
Aprovechamiento integral de los residuos de pesquerías	2
Utilización de enzimas hidrolíticas en residuos marinos	1
Extracción de aceites omega para consumo humano	1
Total	18

Tabla 12. Distribución de los artículos de viabilidad

Viabilidad	Cantidad de artículos
Extracción de biodiesel de residuos de tilapia	1
Ensilaje químico en dietas animales	1
Total	2

Tabla 13. Distribución de los artículos de disminución de costos

Disminución de costos	Cantidad de artículos
Reducción de costos en dietas de alimento vivo	1
Ensilaje biológico frente a otras tecnologías	1
Total	2

Tabla 14. Distribución de los artículos de perspectivas de la acuicultura en Colombia

Prospectivas de la acuicultura en Colombia	Cantidad de artículos
Prospectivas de la acuicultura en Colombia	1
Total	1

Los artículos ambientales fueron seis, divididos en tres del impacto local de la industria y tres de uso intensivo de la tecnología para contener los impactos ambientales.

8 ANÁLISIS DE RESULTADOS

8.1 Distribución de las investigaciones

La revisión de artículos mostró la problemática desde hace décadas (Olley and Thrower, 1977), donde se observó la disposición de residuos ligada a todas las fases de la industria pecuaria y no solo a la producción, también al procesamiento (Martínez *et al.*, 2015). Para el caso particular de los residuos de pescado, diversos autores han teorizado al respecto, 157 artículos para vísceras o ensilaje bajo los criterios de búsqueda. Se encontraron 59 trabajos específicos del ensilaje de vísceras de pescado; por tanto, se puede decir que hay suficiente literatura con base en la información recopilada, acorde a la hipótesis de Van 't Land *et al.* (2017) quienes sugerían que era un tema bastante estudiado y contrario a la hipótesis de David *et al.* (2018), quienes plantearon que no había literatura suficiente respecto al proceso productivo, y su posterior uso en alimentación animal; además del hecho que en los años recientes se ha incrementado la investigación en el tema de los residuos, como lo muestra el Gráfico 1.

El fomento de la investigación se pudo haber generado por la importancia de la industria acuícola-pesquera en el desarrollo a nivel global, la cantidad de desechos generados, las legislaciones cada vez más exigentes, la trayectoria de la industria pesquera y las continuas mortalidades en las granjas (Gao *et al.*, 1992; lo *et al.*, 1993; Vinagre *et al.*, 2011; Commission European, 2013; Martínez *et al.*, 2015; Asche *et al.*, 2018).

Las investigaciones no están dispersas a nivel geográfico, 116 artículos es decir el 73,4% están concentrados en nueve países y tiene una explicación que provenga de estos; por ejemplo en Noruega, la salmonicultura está desarrollada, es así como presentó este problema muchísimo antes que otros países, por ser una industria más antigua y tecnificada (Asche *et al.*, 2018); en contraparte de su par Chile, cuya industria es más reciente y ha tenido a lo largo de los años una regulación menos estricta e incluso deficiente (Fuentes, 2014). Noruega también vio en el ensilaje una posible solución para las granjas, no solo para los residuos de eviscerado, sino también de material peligroso, como mortalidades masivas de salmón (Gildberg, 1993; lo *et al.*, 1993; Ivar *et al.*, 2005; Jarle *et al.*, 2007).

Canadá es uno de los principales países en cuanto a exportación de productos pesqueros, el octavo en términos de valor y una súper potencia de la industria salmonera (FAO, sf b); como también es el caso de India, que tiene el 6% de las capturas mundiales y Estados Unidos el 5% (FAO, 2020). Otros países como Brasil se encuentran allí por políticas de fomento de estado, particularmente en los biocombustibles (Mota *et al.*, 2019) y también Canadá con las directrices de sostenibilidad (Jayasinghe and Hawboldt, 2013). En el caso de Colombia, varias de sus investigaciones han surgido desde la academia y el Estado como Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (Gutiérrez y Vásquez, 2012; Sierra *et al.*, 2018; Perea *et al.*, 2018), siendo una iniciativa pública, ya que no existe un sector empresarial fortalecido; muy diferente al caso de España donde si hay una industria que impulsa el desarrollo. En el caso de Escocia y México que si bien tienen vocación por la actividad pesquera hay una particularidad, un autor concentra una parte interesante de las investigaciones, 6 y 4 respectivamente para cada país.

Para el análisis por temáticas se dividió en dos grupos, que fueron las nutricionales y las económicas.

8.2 Análisis por temáticas nutricionales

En estas temáticas se analizó lo referente a las subdivisiones según la orientación nutricional como: crecimiento y factores zootécnicos, conservación de nutrientes, bromatología, digestibilidad, metabolismo y palatabilidad.

8.2.1 Crecimiento y factores zootécnicos

El ensilaje de vísceras de pescado reportó un desempeño mínimamente igual a las dietas control (sin ensilaje) para la mayoría de las investigaciones y en algunos casos mejor; con solo una excepción para el caso del pulpo (Martínez *et al.*, 2014). El estímulo tiende a ser positivo, por ejemplo: en ovinos suplementar con ensilaje de vísceras no mostró reducción en la ingesta con una inclusión del 3,5%, en cambio crecieron 126 g/día vs 111 g/día con respecto a la dieta control (David *et al.*, 2018). Si bien el ensilaje se puede almacenar por amplio período de tiempo, esto puede comprometer el crecimiento, sugiriendo utilizarlo en el menor tiempo posible (Espe *et al.*, 1992; Fagbenro and Jauncey, 1994).

El porcentaje de inclusión del ensilaje es un factor decisivo, este dependerá de la especie a la que se le esté suministrando; pero en general puede ir alrededor del 10% de la dieta, otros autores son más conservadores y proponen menor cantidad, aun así, con resultados aceptables. El ensilaje biológico es mejor para el crecimiento; ya que se vio una diferencia notoria en el índice de conversión alimenticia (FCR) de ratones de 4,12 contra 6,71 para el ensilaje químico, además de un mayor crecimiento, 23 g y 16 g respectivamente (Góngora *et al.*, 2018).

En un ensayo realizado en cerdos, estos mostraron un mayor crecimiento y conversión alimenticia con ensilaje de pescado a un 10% de inclusión, pero, el 15% dio como resultado una menor calidad en canal (Green *et al.*, 1988; Machin, 1984; Ologhobo, 1988; Gonçalves, 2019).

Algunas especies como el abulón tienen mayor tolerancia a niveles superiores de inclusión del ensilaje de manera satisfactoria; Hardy *et al.* (1984) reemplazó entre el 12,5 y el 60% de la harina de pescado de las dietas, Incluso Guzmán y Viana (1998) lograron una sustitución del 24% mezclado con harina de soya.

Es innegable el gran potencial que tienen los subproductos de pescado como fuente de nutrientes, Parra *et al.* (2016) dicen que estas materias primas despiertan el interés del aprovechamiento zootécnico; una dieta para tilapia con harina de vísceras mostró un crecimiento de hasta 40 gramos más en etapas de engorde y una mayor eficiencia alimenticia, 116% vs 88.4% con soya (Kim *et al.*, 2019). Otros autores reportan que el alimento balanceado comercial dio resultados estadísticamente similares a un alimento con ensilaje de vísceras de pollo o de pescado (Machin *et al.*, 1984; Lie *et al.*, 1988; Machin *et al.*, 1990), aunque este último autor, sugiere inclusiones por debajo del 5% para no afectar los factores zootécnicos de los pollos.

Opheim *et al.* (2016) suplementaron con vísceras autolisadas de salmón la dieta de pollos, con un resultado contradictorio al de Machin *et al.* (1990); al incluir un 10% aumentó la ganancia de peso y disminuyó el factor de conversión en los primeros 10 días de vida, con mejor desempeño que la harina de pescado e igualándose para los días subsiguientes (10-28). Soares *et al.* (2019) reportó que el 6% de ensilaje químico en la dieta no afectó

negativamente el crecimiento del camarón. Como suplemento alimenticio el ensilado tiene un efecto positivo, pero no se debe exceder su inclusión por el alto contenido de lípidos oxidables y el pH ácido, lo cual puede afectar la ingesta de animales domésticos.

8.2.2 Conservación de nutrientes

El proceso de conservación de vísceras de pescado es complejo; ya que poseen una gran cantidad de lípidos, que a su vez estarán determinados por la especie y el tejido a conservar, entre otros factores (Toyes *et al.*, 2016; Van 't Land *et al.*, 2017). Para el caso de los salmónidos se reportaron altos contenidos, especialmente de ácidos grasos poliinsaturados (Opheim *et al.*, 2016); esto conlleva a un problema de rancidez oxidativa; por lo cual, se han estudiado diferentes tratamientos con etoxiquina (Ahmed and Mahendrakar, 1996), extracto de jengibre (Fagbenro and Jancey, 1994b) o butilhidroxitolueno (Perea, 2016).

Otro de los factores es que, a diferencia del músculo, las vísceras tienen una alta cantidad de enzimas, especialmente proteolíticas (Opheim *et al.*, 2015), que al ser digestivas son activas a pH bajos, haciendo así que la proteína pase a péptidos, aminoácidos y finalmente a nitrógeno no proteico. Los factores más determinantes en la hidrólisis son tiempo, temperatura, pH del sustrato y concentración enzimática (Bhaskar *et al.*, 2008); y aunque inicialmente en el ensilaje puede ser benéfica para la digestibilidad (Mukundan *et al.*, 1984,) incluso presentando factores antioxidantes (Girgih *et al.*, 2013), al final en almacenamientos muy largos, la hidrólisis puede comprometer los nutrientes.

Para detener la hidrólisis se ha implementado inactivación enzimática por temperatura (Opheim *et al.*, 2015), salado y formalina (Fagbenro and Jancey, 1993; 1994b); no obstante, se han observado reducción en la digestibilidad para estos dos últimos. Si bien es cierto que el ensilaje biológico puede tener ciertas ventajas sobre el químico desde el punto nutricional (Góngora *et al.*, 2018), para el caso particular de Belmira podría ser problemático por las bajas temperaturas, las cuales pueden hacer que se dañe la materia prima al no llevarse a cabo una fermentación rápida (Fagbenro and Jancey, 1993).

El deterioro del ensilaje se puede evaluar por el NH₃ y el nitrógeno volátil total (Haaland and Njaa, 1989), pero dado que no siempre se cuentan con los equipos necesarios, el olor puede ser un indicador de la integridad del ensilaje, pues este en buen estado es inodoro o con un ligero olor a malta (Tatterson, 1982). En el proceso de acidificación se puede reducir el contenido de ciertos aminoácidos, lo cual será un factor a tener en cuenta, principalmente el triptófano (Jackson *et al.*, 1984; Fagbenro and Jauncey, 1993; Santana *et al.*, 2008), pero de igual forma se ha reportado pérdida de tiamina (Anglesea and Jackson, 1985), arginina y tirosina (Haaland and Njaa, 1989). Otro limitante son los componentes con efecto buffer como las conchas de camarones y estructuras óseas que, aunque no se han presentado dificultades en peces con la acidificación, si ha sucedido con camarones (Evers and Carroll, 1996; Santana *et al.*, 2008).

Muchos autores concuerdan que el ensilaje desde el punto de vista microbiológico, es un método seguro y excelente de conservar los nutrientes (Jamdar and Harikumar, 2005; Santana *et al.*, 2008; Van 't Land *et al.*, 2017); este es un punto crítico, ya que es una materia prima almacenada por meses a temperatura ambiente. Opheim *et al.* (2015) sugirieron un calentamiento a 40 °C en caso de que se quieran extraer los lípidos, lo cual no afectaría nutricionalmente la materia prima y ayudaría a la conservación del ensilado, aun así; las investigaciones demostraron que con un antioxidante se puede obtener un producto bastante estable sin necesidad de dicho proceso (Perea *et al.*, 2016).

8.2.3 Bromatología

Se sabe que los residuos de pescado tienen excelente composición de nutrientes, especialmente aminoácidos y lípidos (Opheim *et al.*, 2016); la parte bromatológica ya está bastante definida (Slizyte *et al.*, 2005; Valério *et al.*, 2007), estos poseen una gran cantidad de grasas insaturadas, que en algunos organismos como las larvas de peces marinos puede ser fundamentales para el correcto desarrollo; especialmente el EPA (ácido eicosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico) (Paz *et al.*, 2015). Además, se pueden concentrar, ya que ciertas sustancias se acumulan en determinadas partes como ojos y tejido neural (Tocher *et al.*, 1997). Siendo así, los nutrientes del producto final estarán determinados por los residuos que se utilicen en el ensilaje (Ochieng *et al.*, 2018);

las estructuras óseas añadirán más contenido de cenizas (Slizyte *et al.*, 2005) y la piel aportaría más colágeno (Shahidi *et al.*, 1991).

8.2.4 Digestibilidad

En la alimentación de algunas especies domésticas y acuáticas la proteína de residuos de origen animal es bastante digestible (Gutiérrez *et al.*, 2011; Gutiérrez y Vásquez, 2012), por ejemplo, no se encontró diferencia estadística entre la digestibilidad del pescado entero y los residuos, si el grado de hidrólisis proteica es igual en ambos (Stone *et al.*, 1989); por lo cual, se deben procesar las vísceras rápidamente y en caso de no hacerlo, conservarlas a -5 °C antes del ensilado ayuda a mantener muchas de sus propiedades nutricionales (Stone *et al.*, 1989). La eficiencia de la proteasa puede disminuir con el uso de ácidos, caso que se evidenció para el tratamiento de 2,5% y 1,5 % con ácido fórmico (Rungruangsak and Utne, 1981).

En un estudio realizado por Paz *et al.* (2015) se midió la digestibilidad de ensilaje biológico en arawana, con la conclusión que, a menor tiempo de almacenamiento y menor grado de hidrólisis, el efecto probiótico se potencia (Paz *et al.*, 2015).

8.2.5 Metabolismo

Las bacterias ácido lácticas tienen la capacidad de mejorar la condición fisiológica en animales domésticos, ayudándolos en sus funciones metabólicas (Góngora *et al.*, 2018), se sabe que pueden colonizar el intestino y actuar como probióticos en los peces, como se pudo evidenciar para dorada (Reyes *et al.*, 2013) y pargo (Reyes *et al.*, 2014) con *L. sakei*; al mejorar la fagocitosis, las actividades enzimáticas de la peroxidasa leucocitaria, la mieloperoxidasa, la lisozima y las actividades antiproteasas (Reyes *et al.*, 2013; Reyes *et al.*, 2014), por tanto, la capacidad inmune y antioxidante; claramente se pudo ver el efecto probiótico de la cepa con mejoras en la digestibilidad, el crecimiento y el sistema inmune innato, sin mayores problemas a la hora de suministrarlas en el pienso, ni efectos histológicos adversos (Reyes *et al.*, 2013; Reyes *et al.*, 2014).

Los ensilajes pueden ayudar en las dietas que de otro modo producirían una inflamación en el intestino del animal (Reyes *et al.*, 2013), además, existe un posible efecto de sinergia

con los ácidos grasos polinsaturados y las proteínas hidrolizadas del ensilaje de pescado en el sistema inmune, como se ha reportado para algunas especies como abulón (Jurgens *et al.*, 2014a, Jurgens *et al.*, 2014b).

8.2.6 Palatabilidad y estabilidad del pienso

La principal preocupación del uso del ensilaje es la reducción de la ingesta, la cual se puede presentar por la oxidación de los lípidos (Olley and Thrower, 1977; Green *et al.*, 1988); caso que se presentó para el abulón (Viana *et al.*, 1994), también en terneros se notó una posible afectación del rumen por grasa insaturada (Offer and Husain, 1987); en cuyo caso se podría desgrasar el ensilaje, en especial si se va a almacenar por largos períodos de tiempo (Heras *et al.*, 1994). Algunos autores concluyeron que el pH ácido puede afectar negativamente el rendimiento, particularmente en el ensilaje químico (Offer and Husain, 1987; Viana *et al.*, 1994).

En la dieta de los animales acuáticos es de suma relevancia la cohesión de las partículas, si no se maneja correctamente se puede presentar una fuerte lixiviación con el ensilaje (Jurgens *et al.*, 2014a), incluso se debe considerar el tipo de aglutinante empleado por efecto del pH (Rivero and Viana, 1996), ya que este puede afectar la gelificación y agravar el problema. El componente de vísceras *per se* mostró ser un attractante para especies como el abulón (Viana *et al.*, 1994).

8.3 Análisis Por temáticas económicas (Valoración de residuos y modelación de procesos)

El análisis por temáticas económicas se abordó desde la perspectiva de los factores que influyen en los costos, el potencial que tienen los residuos y las nuevas tecnologías emergentes para el aprovechamiento de las vísceras de pescado.

Algunos trabajos como el de Greggio *et al.* (2018) han incorporado una valoración con un análisis integral, implementando la economía circular y mostrando que no solo los residuos, sino una gran cantidad de recursos, se pueden recuperar en beneficio económico y del medio ambiente. Además, plantea que en una sola región se podría estar hablando de un desperdicio de hasta 30.000 toneladas/año solo en residuos de pescado

y, en algunos casos se fomentan prácticas ilegales por parte del productor para eludir costos (Greggio *et al.*, 2018).

Dependiendo del procesamiento, la composición de los residuos de pescado se distribuye de la siguiente manera: cortes (15-20%), piel y aletas (1-3%), huesos (9-15%), cabezas (9-12%), vísceras (12-18%) y escamas (5%) (Martínez *et al.*, 2015).

Algunos de estos artículos lo que hacen es una descripción de las biomoléculas de los desechos de pescado o camarón (Ferraro *et al.*, 2010; Cahú *et al.*, 2014; Villamil *et al.*, 2017; Siewe *et al.*, 2019). Ferraro *et al.* (2010) proponen que en los residuos se acumulan partículas de interés, dentro de las cuales se pueden mencionar minerales como el calcio, el zinc, el selenio y el hierro (Menon and Lele, 2015); péptidos bioactivos (Villamil *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2018), colágeno (Kim and Mendis, 2006; Blanco *et al.*, 2007; Ferraro *et al.*, 2010), proteínas anticongelantes (Blanco *et al.*, 2007; Ferraro *et al.*, 2010), aminoácidos como la taurina y la creatina (Ferraro *et al.*, 2010); enzimas endógenas como pepsina, tripsina, quimiotripsina, colagenasa y elastasa (Shahidi and Kamil, 2001; Blanco *et al.*, 2007; Villamil *et al.*, 2017), omegas 3 y componentes lípidos de interés (Blanco *et al.*, 2007; Ferraro *et al.*, 2010), inclusive con miras para consumo humano (Bonilla y Hoyos, 2018); carotenoides, quitina y quitosan, particularmente estos tres para camarón (Ferraro *et al.*, 2010; Mezzomoa *et al.*, 2013; Cahú *et al.*, 2014) con amplio espectro en múltiples industrias como la cosmética, la farmacéutica, la alimentaria y la agrícola.

Otro método de aprovechamiento que mencionan las referencias investigadas, es la producción de biocombustibles, cuyo uso dependerá del tamaño de la planta de procesos y la cantidad de residuos (Jayasinghe and Hawboldt, 2013). Los biocombustibles resultantes que no tienen mayor refinamiento son de baja calidad, y pueden usarse por ejemplo para la calefacción residencial o en calderas (Jayasinghe and Hawboldt, 2013; Adeoti and Hawboldt, 2014). Su principal beneficio resulta ser la menor contaminación siendo en esencia una solución ambiental; se requiere infraestructura para la extracción y conocimiento para la purificación, usualmente por transesterificación y así usarse ampliamente como combustible (Jayasinghe and Hawboldt, 2013); la falta de estos y

largos periodos de almacenamiento pueden hacer declinar este tipo de propuesta (Adeoti and Hawboldt, 2014).

Otro método de aprovechamiento es la extracción de moléculas bioactivas, en general péptidos, donde se utilizan técnicas bastante específicas como cromatografía y separación de membranas que, aunque han dado resultados comerciales son bastante complejas y experimentales (Sierra *et al.*, 2018; Siewe *et al.*, 2019); en tal sentido, es un área potencial para una posible industria naciente y por tanto se requeriría un capital mucho mayor. El uso de hidrolizados tiene bastantes desafíos y los procesos de bajo costo son uno de ellos, siendo un factor limitante (Shahidi and Kamil, 2001; Villamil *et al.*, 2017). Los hidrolizados se han implementado incluso para el cultivo de microorganismos como fuente compleja de nitrógeno, mostrando un buen desempeño para las bacterias ácido lácticas, aun cuando estas son bastante exigentes (Jarle *et al.*, 2007), quedando a la altura de las peptonas comerciales (Ivar *et al.*, 2005).

También se ha presentado la opción del biogas, varios autores coinciden en que las vísceras tienen gran capacidad para producir metano (Nges *et al.*, 2012; Greggio *et al.*, 2018; Bücken *et al.*, 2019), con un rendimiento potencial de 0,9 CH₄ m³/kg (Ivanovs *et al.*, 2018); sin embargo, el tratamiento de estas individualmente puede llegar a inhibir el proceso por su alto contenido de nitrógeno, componente técnico necesario de analizar; cuya solución ha sido la co-digestión de residuos, especialmente con desechos agrícolas altos en carbohidratos (Nges *et al.*, 2012; Islam and Wahid, 2018).

Se ha analizado la extracción de enzimas digestivas; proteasas provenientes de los peces (Balti *et al.*, 2008; Acevedo *et al.*, 2018; Saranya *et al.*, 2018) y de bacterias presentes en las vísceras (Prakash *et al.*, 2014), con efectividad para la extracción de colágeno, (Acevedo *et al.*, 2018), predigestión de las proteínas para mejorar la digestibilidad (Prakash *et al.*, 2014), como biocatalizadores industriales (Saranya *et al.*, 2018;) o para elaborar salsas de pescado (Gildberg, 1993); pero también del modo inverso, estas enzimas proteolíticas se han usado en la predigestión de las vísceras, como componente nutricional o como medio de obtención de las biomoléculas (Zapata *et al.*, 2019).

El ensilaje es un buen medio de cultivo para determinados microorganismos como *Corynebacterium glutamicum* utilizado en la producción de lisina (Coello *et al.*, 2000), lactobacillus y levaduras en la cofermentación ácido láctica-alcohólica (Faid *et al.*, 1994), la producción de metabolitos de interés o masas con componente probiótico (Vázquez *et al.*, 2004; Vázquez *et al.*, 2008).

Gao *et al.* (1992) sugirieron que el ensilaje químico de uso inferior a un mes puede conservarse con cantidades tan bajas como 0,75% de ácido cítrico y 0,5% de ácido fórmico, sin necesidad de valores por encima del 2% (Perea, 2016). El método de ensilaje es fácil y reproducible (Vásquez *et al.*, 2011), inclusive se ha usado como tratamiento previo para la extracción de aceite (Kumar *et al.*, 2010).

No se puede desconocer que la legislación ambiental se ha vuelto más estricta y muchas de las alternativas de manejo de residuos pueden resultar costosas (Adeoti and Hawboldt, 2014; Martínez *et al.*, 2015) y la acuicultura y la pesca son actividades que en muchas ocasiones están ligadas a población vulnerable (OCDE, 2016). En el contexto colombiano el 90% de la acuicultura es de recursos limitados (AREL) (AUNAP, 2013b), con escasa rentabilidad (Banco de la República, 2016) y el ingreso *per cápita* rural fue de \$215.597 para el 2014, siendo un gran indicador de la situación económica de la población, casi tres veces menor que en la zona urbana \$614.512 (DPN, 2015) y con un promedio muy similar a la línea de pobreza, que fue de \$211.807 para el mismo año (DANE, 2015b); por lo cual, no se estaría en condiciones de cubrir procesos costosos, menos en una matriz compleja como las vísceras que se degradan rápidamente al ser un residuo húmedo, observándose dificultad en procesos como el almacenamiento, transporte y manipulación; por lo que toma mayor peso la utilización *in situ* (CAI, 1995), pues los costos de acopio, refrigeración y transporte podrían hacer inviable el aprovechamiento (Cruz *et al.*, 1993; Cai *et al.*, 1995; Mota *et al.*, 2019).

En los últimos años gran parte de la investigación se ha orientado hacia la industria energética con la producción de biometano y biodiesel (Ivanovs *et al.*, 2018; Bücken *et al.*, 2019; Mondal *et al.*, 2019; Freitas *et al.*, 2019; Mota *et al.*, 2019); no obstante, a veces se generan dudas por la baja o nula rentabilidad de los mismos (Shahidi, 2007; Jayasinghe

and Hawboldt, 2012; Dos santos *et al.*, 2015; Ammenberg and Feiz 2017). Los ingresos y los costos del productor son cruciales para definir la metodología de aprovechamiento, donde habrá que reconocer que su principal interés está dado desde lo económico, con el fin de generar unos ingresos no operativos y la menor inversión de recursos.

Se puede observar que el uso que se le ha dado a las vísceras ha sido bastante diversificado (Tabla 10 y 11): combustibles (biodiesel, metano) (Adeoti and Hawboldt 2014; Ivanovs *et al.*, 2018; Mota *et al.*, 2019), extracción de enzimas como proteasas entre otras, con fines industriales (Shahidi and Kamil, 2001; Prakash *et al.*, 2014; Acevedo *et al.*, 2018; Saranya *et al.*, 2018); extracción de componentes bioactivos como péptidos y carotenoides (Kim and Mendis, 2006; Cahú *et al.*, 2014; Sierra *et al.*, 2018; Siewe *et al.*, 2019); extracción de aceites para el consumo humano (Bonilla y Hoyos, 2018) y alimentación animal (Jurguens *et al.*, 2014a; Opheim *et al.*, 2015; David *et al.*, 2018).

Cabe resaltar que pocos de los 157 artículos estuvieron enfocados en determinar los beneficios económicos del proceso, específicamente en términos de costos y posibles utilidades (Ologhobo *et al.*, 1988; Cai *et al.*, 1995; Gómez *et al.*, 2014b; Perea *et al.*, 2018; Cadavid *et al.*, 2019; Mota *et al.*, 2019). Para el caso de los biocombustibles Mota *et al.* (2019) analizaron la posibilidad de establecer una planta de biodiesel, siendo el más completo desde el punto de vista económico, al plantear un prototipo con capacidad de 25 litros de aceite por hora, donde el punto de equilibrio era 252,2 toneladas de vísceras/año, con una inversión de 73.598 USD; un poco alto para la realidad colombiana. Cadavid *et al.* (2019) por su parte en Tumaco (Colombia), argumentaron que cada hogar de pescadores podría ahorrar 204 dólares si cocinaban con gas metano proveniente de residuos de pescado, con un costo total del montaje de 700 a 1700 dólares; es así como en el municipio de Tumaco, con la comunidad total de pescadores podrían ahorrarse alrededor de \$47.000 USD por año (Cadavid *et al.*, 2019).

En cuanto a la alimentación animal algunos autores consideraron la parte del retorno económico (Ologhobo *et al.*, 1988; Gómez *et al.*, 2014b; Perea *et al.*, 2018). Perea *et al.*, (2018) establecieron que el costo de alimentación disminuye significativamente al incluir el ensilaje de trucha para la alimentación de tilapia hasta en 503 (COP) por kilogramo de

concentrado; sin embargo, el de mejor rendimiento zootécnico fue el que empleó una inclusión en la dieta del 20%, con una reducción de 391 (COP); equivalente a una disminución del 22,97% y un mejor índice de rentabilidad económica por kilogramo de concentrado (249 COP/Kg más que el control), similar a lo conseguido por Gómez *et al.* (2014b), quienes reportaron una disminución de costos del 22,24% para alimentación de pollos de engorde (iniciación) con vísceras de tilapia, con crecimientos estadísticamente iguales que el control. Cai *et al.* (1995) establecen el costeo (USD/Kg) para el ensilaje químico a diversas concentraciones y tipos de ácido para vísceras de pollo y Ologhobo *et al.* (1988) trabajaron la reducción de costos de producción por la aplicación de ensilaje de arenque en pollos de engorde, comparándolo con la harina de pescado.

El ensilaje de pescado sigue siendo un método de aprovechamiento que despierta interés en la investigación (Van 't Land *et al.*, 2017), ya que es económico y se puede hacer con pocas cantidades de residuos para un posible autoconsumo; esta soportado con suficiente información nutricional (77 artículos), con buenos resultados en la sustitución de materias primas de alimentos concentrados (Nørgaard *et al.*, 2012; Perea *et al.*, 2018; Kim *et al.*, 2019). Este es un tema difícil de ignorar, ya que la mayor parte de los costos de producción son los de alimentación (Arruda *et al.*, 2007; Perea *et al.*, 2018; Magnoli *et al.*, 2019); donde la proteína y los lípidos tradicionales no parecen bajar de precio en el corto y en el mediano plazo. No obstante, es necesario entender que se debe profundizar más en la parte de costos y en la rentabilidad del proceso; pero ninguno de los enfoques del desarrollo sostenible debería estar desligado de una propuesta.

La FAO en su informe “El estado mundial de la pesca y la acuicultura “SOFIA” (2020) y en varios artículos como los de Pinzón y Sánchez (2016), Opheim (2017), Olsen and Tope (2017), David *et al.* (2018) muestran una tendencia global con énfasis en la sostenibilidad. En Colombia, la disposición de residuos y la consecución de piensos de calidad se visualizan dentro de los mayores problemas del sector (Montes *et al.*, 2017), por tanto, debe ser una prioridad, pues esta industria tiene falencias. La FAO proyecta que la disminución de la acuicultura provendrá de factores ambientales y agua de menor calidad (FAO, 2020); otros autores como Galvão (2020) son aún más severos, proponiendo que

la supervivencia de la industria puede depender de la capacidad para minimizar los impactos ambientales, el desperdicio y fomentar la responsabilidad social, además de nuevas exigencias por parte del consumidor y los gobiernos, y la necesidad económica del proceso de gestión por parte del productor, donde habrá que satisfacerlas todas.

Enfoques como las biomoléculas para la salud humana y las aplicaciones industriales son lo emergente (Correia *et al.*, 2017; Siewe *et al.*, 2019; Mondal *et al.*, 2019). La implementación de estas nuevas tecnologías estará determinada por diferentes condiciones como la cantidad de residuos, la logística, los costos, las capacidades técnicas y económicas entre otros, que deberán quedar a criterio individual. Estos desarrollos están orientados hacia las propiedades de la materia prima, como inhibidores de la angiotensina para el tratamiento de la hipertensión, omegas para la Hipertrigliceridemia, hidroxapatita para afecciones óseas, características antioxidantes y aplicaciones en la industria alimenticia (Hleap y Gutiérrez 2017; Atef and Mahdi, 2017).

8.4 Presentación y análisis de la propuesta

A continuación, se presentan cada uno de los modelos tecnológicos objetos de análisis según su respectiva ponderación.

Tabla 15. Modelo tecnológico 1: Ensilaje químico

Factor	Peso del factor	Sub factor	Observación	Referencia del Meta análisis	Calificación parcial (1-5)	Calificación porcentual	Valor factor
Económico	30%	Inversión	Debido a que este modelo no requiere maquinaria y equipo; por ser una mezcla de componentes no requiere de grandes inversiones económicas.	Perea, 2016	5	0,375	0,975
		Valor final del producto (precio de venta en el mercado)	Debido a que el producto final es un commodities, su valor en el mercado no es alto.	Zapata <i>et al.</i> , 2018	2	0,15	
		Tiempo requerido en el proceso	Es un proceso que es realmente rápido, llevándose a cabo en cuestión de minutos.	SINCHI, 2004; Perea, 2016	5	0,375	
		Posibilidad de procesar pocas cantidades de residuos	Debido a que cada productor generaría pocas cantidades de residuos, sería difícil generar un mercado en términos de cantidad y continuidad.	López, 2018	1	0,075	
Técnico	30%	Complejidad del proceso	No cuenta con procesos de importancia, más allá del proceso de acidificación producida por la mezcla de ácidos adquiridos.	Perea, 2016; FAO 2018b	5	0,375	1,35
		Regulaciones del producto final	No existen muchas regulaciones, más allá del registro del ICA en el caso de autoconsumo (\$393.286 COP).	RESOLUCIÓN No. 082178 del 2020	3	0,225	
		Posibilidad de uso en Belmira	Debido a que es un proceso químico no esta tan determinado por las condiciones de temperatura; está dentro del rango sugerido.	Perea <i>et al.</i> , 2018; FAO, 2018b	5	0,375	
		Posibilidad de autoconsumo	Muchos productores tienen otras actividades pecuarias, por lo tanto, es muy factible sugerir este tipo de propuestas para autoconsumo.	Góngora, 2012; Perea <i>et al.</i> , 2017; FAO 2018b	5	0,375	
Ambiental	20%	Dispone de la totalidad de los residuos	El ensilaje químico puede utilizar la totalidad de los residuos, si bien la parte ósea puede consumir un poco más de ácido, se puede utilizar.	Perea, 2016; Valério <i>et al.</i> , 2007	5	0,2	0,92
		Consumo de energía eléctrica	No se requiere consumo de energía eléctrica.	Perea <i>et al.</i> , 2018	5	0,2	
		Consumo de agua	No se requiere consumo de agua.	Perea <i>et al.</i> , 2018; FAO 2018b	5	0,2	
		Generación de olores	Los componentes ácidos no permiten el desarrollo de malos olores en el producto terminado.	Tatterson, 1982; Vásquez, 2015; FAO 2018b)	4	0,16	
		Contaminación del agua/suelo	No se presenta mayor impacto * asumiendo que no se le va a suministrar a organismos acuáticos.	Fagbenro and Jauncey 1995	4	0,16	
Social	20%	Salud publica	Al estar en recipientes y no tener malos olores es difícil que atraiga plagas.	FAO, 2018b; Tatterson, 1982	5	0,5	0,8
		Generación de conciencia social	La conciencia del cuidado de las fuentes hídricas se puede ver fomentada en acciones prácticas y económicas.	Instituto Humboldt, 2007	3	0,3	
Total modelo tecnológico							4,045

Tabla 16. Modelo tecnológico 2: Ensilaje biológico

Factor	Peso del factor	Sub factor	Observación	Referencia del Meta análisis	Calificación parcial (1-5)	Calificación porcentual	Valor factor
Económico	30%	Inversión	Debido a que este modelo no requiere maquinaria y equipo, por ser una mezcla de componentes no requiere de grandes inversiones económicas.	Góngora et al., 2018	5	0,375	0,825
		Valor final del producto (precio de venta en el mercado)	Debido a que el producto final es un commodities, su valor en el mercado no es alto.	Zapata et al., 2018	2	0,15	
		Tiempo requerido en el proceso	Es un proceso no tan rápido, y puede demorar días mientras las bacterias convierten el azúcar en ácido láctico.	SINCHI, 2004; Paz et al., 2015	3	0,225	
		Posibilidad de procesar pocas cantidades de residuos	Debido a que cada productor generaría pocas cantidades de residuos, sería difícil generar un mercado en términos de cantidad y continuidad.	López, 2018	1	0,075	
Técnico	30%	Complejidad del proceso	Su punto central es únicamente el pH, disminuido por la bacterias ácido lácticas.	Góngora, 2012; FAO, 2018b	4	0,3	1,125
		Regulaciones del producto final	No existen muchas regulaciones, más allá del registro del ICA en el caso de autoconsumo (\$393.286 COP).	RESOLUCIÓN No. 082178 del 2020	3	0,225	
		Posibilidad de uso en Belmira	Debido a que es un proceso biológico se ve determinado por las condiciones de temperatura y se puede generar un deterioro en la materia prima.	Fagbenro and Jauncey, 1993	3	0,225	
		Posibilidad de autoconsumo	Muchos de los productores tienen otras actividades pecuarias, por lo tanto, es viable sugerir este tipo de propuestas para autoconsumo.	Gómez et al., 2014	5	0,375	
Ambiental	20%	Dispone de la totalidad de los residuos	El ensilaje biológico puede utilizar la totalidad de los residuos, si bien la parte ósea puede consumir un poco más de ácido láctico, se puede utilizar.	Valério et al., 2007; Góngora et al., 2018	5	0,2	0,96
		Consumo de energía eléctrica	No se requiere consumo de energía eléctrica.	Góngora et al., 2018	5	0,2	
		Consumo de agua	No se requiere consumo de agua	Góngora et al., 2018	5	0,2	
		Generación de olores	Los componentes ácidos y la eliminación de bacterias descomponedoras no permiten el desarrollo de malos olores en el producto terminado.	Tatterson, 1982; Vásquez, 2015	5	0,2	
		Contaminación del agua/suelo	No se presenta mayor impacto, asumiendo que no se le va a suministrar a organismos acuáticos.	Fagbenro and Jauncey 1995	4	0,16	
Social	20%	Salud publica	Al estar en recipientes y no tener malos olores es difícil que atraiga plagas.	Tatterson, 1982; FAO, 2018b	5	0,5	0,8
		Generación de conciencia social	la conciencia del cuidado de las fuentes hídricas se puede ver fomentada en acciones prácticas y económicas.	Instituto Humboldt, 2007	3	0,3	
Total modelo tecnológico							3,71

Tabla 17. Modelo tecnológico 3: Extracción de aceites

Factor	Peso del factor	Sub factor	Observación	Referencia del Meta análisis	Calificación parcial (1-5)	Calificación porcentual	Valor factor
Económico	30%	Inversión	Se requiere alta inversión en maquinaria e insumos dentro de algunos procesos como calentar las vísceras y extraer aceites mediante solventes.	David et al., 2018	1	0,075	0,9
		Valor final del producto (precio de venta en el mercado)	Los combustibles tienen una buena demanda y buenos precios, además que los biocombustibles son una tendencia mundial.	Adeoti and Hawboldt, 2014	5	0,375	
		Tiempo requerido en el proceso	El tiempo en el proceso, es relativamente bajo, de unas cuantas horas.	Mota et al., 2019	5	0,375	
		Posibilidad de procesar pocas cantidades de residuos	Debido a que cada productor generaría pocas cantidades de residuos, sería difícil generar un mercado en términos de cantidad y continuidad.	López, 2018	1	0,075	
Técnico	30%	Complejidad del proceso	En general es un proceso complejo, y dependiendo el grado de purificación puede ser más complejo, ya que algunos usos requieren eliminar los componentes inherentes en el aceite de pescado.	Jayasinghe and Hawboldt, 2013; Mota et al., 2019	3	0,225	1,125
		Regulaciones del producto final	En el caso particular de Colombia se están estimulando el uso de biocombustibles.	UMPE, 2015	5	0,375	
		Posibilidad de uso en Belmira	Es bastante viable, ya que en general son procesos químicos y físicos.	Adeoti and Hawboldt, 2014	5	0,375	
		Posibilidad de autoconsumo	Es viable pero muchos productores no tienen motores para un biocombustible de baja calidad que sería el resultante inicial.	Jayasinghe and Hawboldt, 2013	2	0,15	
Ambiental	20%	Dispone de la totalidad de los residuos	No, debido a que habría que implementar otro proceso para la parte no oleica.	Adeoti and Hawboldt, 2014	1	0,04	0,52
		Consumo de energía eléctrica	En el proceso de elaboración de aceites se presenta consumo de electricidad.	Adeoti and Hawboldt, 2014; David et al., 2018; Mota et al., 2019	3	0,12	
		Consumo de agua	En el proceso de elaboración de aceites se presenta consumo de agua.	Jayasinghe and Hawboldt, 2012; 2013	3	0,12	
		Generación de olores	El aceite puede sufrir una rápida oxidación, en caso de ser almacenado por largos periodos, generando así malos olores.	Jayasinghe and Hawboldt, 2013	3	0,12	
		Contaminación del agua/suelo	Si se dispone la parte proteica no se debería presentar contaminación.	Adeoti and Hawboldt, 2014	3	0,12	
Social	20%	Salud pública	Es posible, ya que el mal manejo puede atraer vectores, esto es la parte proteica y los lípidos oxidados.	Jayasinghe and Hawboldt, 2013	3	0,3	0,4
		Generación de conciencia social	Es difícil generar una reproducibilidad con procesos de alta inversión.	Instituto Humboldt, 2007; Adeoti and Hawboldt, 2014	1	0,1	
Total modelo tecnológico							2,945

Tabla 18. Modelo tecnológico 4: Elaboración de harinas

Factor	Peso del factor	Sub factor	Observación	Referencia del Meta análisis	Calificación parcial (1-5)	Calificación porcentual	Valor factor
Económico	30%	Inversión	Se requiere alta inversión en maquinaria y equipo dentro de algunos procesos como deshidratar vísceras, eliminar la parte oleica por centrifugación.	FAO, 2018b; FAO, 2020	1	0,075	0,6
		Valor final del producto (precio de venta en el mercado)	Debido a que el producto final es un commodities, su valor en el mercado no es alto.	Zapata et al., 2018	2	0,15	
		Tiempo requerido en el proceso	El proceso es rápido, con una duración de pocas horas.	Bazurto, 2018	4	0,3	
		Posibilidad de procesar pocas cantidades de residuos	No cumpliría con los términos de cantidad y continuidad para un mercado, debido a la baja producción propias de la asociación.	López, 2018	1	0,075	
Técnico	30%	Complejidad del proceso	Tiene varios procesos, haciéndolo algo complejo (calentamiento, centrifugación Prensado).	FAO, 2018b; FAO, 2020	3	0,225	1,125
		Regulaciones del producto final	La regulación del ICA como productor de harinas de origen animal (\$1.752.004 No. 082178 del COP).	RESOLUCIÓN No. 082178 del 2020	2	0,15	
		Posibilidad de uso en Belmira	No se vería afectado por las condiciones climáticas al ser un proceso físico.	Bazurto, 2018; Kim et al., 2019	5	0,375	
		Posibilidad de autoconsumo	Es posible que lo puedan utilizar si tienen diferentes actividades pecuarias.	Kim et al., 2019	5	0,375	
Ambiental	20%	Dispone de la totalidad de los residuos	Se necesita disponer de otra metodología para terminar de elaborar el producto de aceite de pescado en calidad de uso de alimentación animal.	De Oliveira et al., 2016	3	0,12	0,36
		Consumo de energía eléctrica	Debido a tantos procesos mecánicos el consumo de energía es alto.	FAO, 2018b; FAO, 2020	1	0,04	
		Consumo de agua	Es un proceso que genera un gran consumo de agua.	PRODUCE, 2008	1	0,04	
		Generación de olores	En el proceso es común que se generen malos olores por las aguas residuales generadas.	PRODUCE, 2008	2	0,08	
		Contaminación del agua/suelo	Es muy común que se dé la contaminación en estos procesos, como se ha mencionado para Perú.	PRODUCE, 2008	2	0,08	
Social	20%	Salud publica	La mala disposición de los residuos puede generar ciertos vectores de propagación de enfermedades.	PRODUCE, 2008	3	0,3	0,4
		Generación de conciencia social	Es difícil generar una reproducibilidad con procesos de alta inversión, ya que no es acorde para la población objetivo.	Adeoti and Hawboldt, 2014	1	0,1	
Total modelo tecnológico							2,485

Tabla 19. Modelo tecnológico 5: Biomoléculas

Factor	Peso del factor	Sub factor	Observación	Referencia del Meta análisis	Calificación parcial (1-5)	Calificación porcentual	Valor factor
Económico	30%	Inversión	Se requieren grandes inversiones de maquinaria, insumos además de laboratorio, ya que en general son para consumo humano.	Villamil et al., 2017; Sierra et al., 2018	1	0,075	0,9
		Valor final del producto (precio de venta en el mercado)	Alto, ya que se generan productos de alto valor agregado tipo nutracéuticos.	Villamil et al., 2017; Sierra et al., 2018	5	0,375	
		Tiempo requerido en el proceso	Bajo, son en su mayoría procesos de carácter bioquímico que no demoran más de unas minutos u horas.	Siewe et al., 2019	5	0,375	
		Posibilidad de procesar pocas cantidades de residuos	No cumpliría con los términos de cantidad y continuidad para un mercado, debido a la baja producción propias de la asociación.	López, 2018	1	0,075	
Técnico	30%	Complejidad del proceso	Es un proceso complejo, ya que se requiere un conocimiento bioquímico amplio, maquinaria e insumos.	Villamil et al., 2017; Siewe et al., 2019	1	0,075	0,6
		Regulaciones del producto final	Las regulaciones de este tipo de productos son altas, ya que su fin es el consumo humano y se requiere la aprobación del INVIMA.	Decreto N° 3249 del 2006	1	0,075	
		Posibilidad de uso en Belmira	La purificación de biomoléculas es un proceso principalmente químico, por lo tanto, no es tan afectado por las condiciones climáticas.	Siewe et al., 2019	5	0,375	
		Posibilidad de autoconsumo	Muy poco probable, es un producto altamente especializado y la producción es relativamente costosa.	Sierra et al., 2018	1	0,075	
		Disponde de la totalidad de los residuos	Se podría disponer la totalidad de los residuos si se hacen metodologías complementarias.	Correia et al., 2017; Bonilla y Hoyos, 2018; Siewe et al., 2019	3	0,12	
Ambiental	20%	Consumo de energía eléctrica	Se genera consumo de energía eléctrica	Siewe et al., 2019	2	0,08	0,72
		Consumo de agua	generan consumo de agua	Siewe et al., 2019	3	0,12	
		Generación de olores	No se espera gran cantidad de olores residuales, debido a que los procesos son muy específicos.	Sierra et al., 2018	5	0,2	
		Contaminación del agua/suelo	Se produce muy poca contaminación.	Sierra et al., 2018	5	0,2	
		Salud pública	No presentaría vectores de plagas, por la misma sujeción a la norma y por lo específico de los procesos.	Decreto N° 3249 del 2006; Sierra et al., 2018	5	0,5	
Social	20%	Generación de conciencia social	Es difícil generar una reproducibilidad con procesos de alta inversión, ya que no es acorde para la población objetivo.	Instituto Humbolt, 2007; Villamil et al., 2017	1	0,1	0,6
		Total modelo tecnológico					

Tabla 20. Modelo tecnológico 6: Biodigestores

Factor	Peso del factor	Sub factor	Observación	Referencia del Meta análisis	Calificación parcial (1-5)	Calificación porcentual	Valor factor
Económico	30%	Inversión	Es una inversión de mediana envergadura, ya que necesita una infraestructura para contener los residuos en condiciones anaerobias.	Cadavid et al., 2019	3	0,225	0,75
		Valor final del producto (precio de venta en el mercado)	El metano de los biodigestores es un producto de medio valor, orientado al autoconsumo.	Cadavid et al., 2019	3	0,225	
		Tiempo requerido en el proceso	Es un proceso que puede demorar un tiempo, mientras las bacterias generan el metano y sus productos intermedios.	Bücker et al., 2019; Cadavid et al., 2019	1	0,075	
		Posibilidad de procesar pocas cantidades de residuos	No cumpliría con los términos de cantidad y continuidad para un mercado, pero sí podría servir para satisfacer su consumo de gas del domicilio.	Cadavid et al., 2019	3	0,225	
Técnico	30%	Complejidad del proceso	No es un proceso simple, está dividido en dos etapas que se pueden inhibir entre sí, además de que los compuestos nitrogenados pueden mermar la eficiencia del digestor.	Bücker et al., 2019	2	0,15	1,05
		Regulaciones del producto final	En el caso particular de Colombia, se está estimulando el uso de energías provenientes de la biomasa.	(UMPE, 2015)	5	0,375	
		Posibilidad de uso en Belmira	La temperatura del municipio de Belmira puede ser un problema. Los artículos fueron hechos en condiciones mesofílicas (35 °C), y en condiciones de temperatura bajas el rendimiento puede ser diferente.	FAO, 2011; Cadavid et al., 2019; Bücker et al., 2019	2	0,15	
		Posibilidad de autoconsumo	Si, bastante probable, de hecho, en general es una metodología desarrollada para auto consumo.	Cadavid et al., 2019	5	0,375	
Ambiental	20%	Dispone de la totalidad de los residuos	Si, una parte que se hace combustible y los lodos se usan como fertilizantes.	Bücker et al., 2019	5	0,2	0,92
		Consumo de energía eléctrica	No tiene consumo de energía eléctrica.	Cadavid et al., 2019	5	0,2	
		Consumo de agua	Si tiene, pero es bajo.	Zarkadas et al., 2016; Cadavid et al., 2019	3	0,12	
		Generación de olores	No, porque debe estar en condiciones herméticas.	Zarkadas et al., 2016	5	0,2	
		Contaminación del agua/suelo	No se esperaría contaminación del agua o el suelo.	Bücker et al., 2019)	5	0,2	
Social	20%	Salud pública	Muy poco probable que atraiga plagas, ya que está cerrada, en condiciones anaerobia y se disponen todos los residuos.	(Zarkadas et al., 2016	4	0,4	0,9
		Generación de conciencia social	Si es posible, ya que es un proceso bastante practico, diseñado incluso para comunidades rurales.	Ivanovs et al., 2016	5	0,5	
Total modelo tecnológico							3,62

Modelos preseleccionados

Después de hacer el análisis quedan tres (3) modelos tecnológicos (Tablas 15 a 20), los cuales se evaluaron con base en el costo que implicarían su producción.

Tabla 21. Modelos tecnológicos priorizados

Modelo tecnológico	Calificación total
Modelo tecnológico 1: Ensilaje químico	4,045
Modelo tecnológico 2: Ensilaje biológico	3,71
Modelo tecnológico 6: Biodigestores	3,62

Estructura de costos para los modelos tecnológicos priorizados

Con la finalidad de determinar cuál de los modelos tecnológicos seleccionados se justificaba financieramente para su aprovechamiento, se presentan las diferentes estructuras de costos para las alternativas analizadas, según el orden de prioridad.

Consideraciones para el costeo de los modelos tecnológicos preseleccionados:

- Los modelos de costeo 1 y 2 se evaluaron para la producción de 1 kilogramo de producto terminado; las producciones mensuales promedio por productor de la asociación de truchicultores de Belmira fue de 150 kg de trucha (comunicación verbal representante legal Asociación de Truchicultores de Bemira, 2021), con una cantidad equivalente de vísceras del 12% del peso vivo (FAO, 2020). Se tendría una producción dada de 18 kg de vísceras/mes/productor.
- Los costos de administración, mercadeo y distribución no fueron utilizados para este caso, y se escogió la alternativa de autoconsumo debido a que las cantidades obtenidas de residuos son muy bajas, ya que son productores casi artesanales, y no se justifican los costos de fletes como sugieren algunos autores para este tipo de casos (Jayasinghe and Hawboldt, 2013; Mota *et al.*, 2019); considerando que en terminos de venta, el precio del producto terminado no alcanzaría a cubrirlos,

pues los productores en Belmira son una población dispersa y asincrónica (ver caracterización de la asociación, Inciso 5.3).

Se implementó la metodología del flujograma de procesos, para determinar cuáles eran los recursos necesarios para cada modelo tecnológico y determinar la estructura de costos, los cuales se evaluaron posteriormente.

Modelo tecnológico 1: ensilaje químico para la producción de 1 kg de producto

Gráfico 4. Flujograma del proceso ensilaje químico

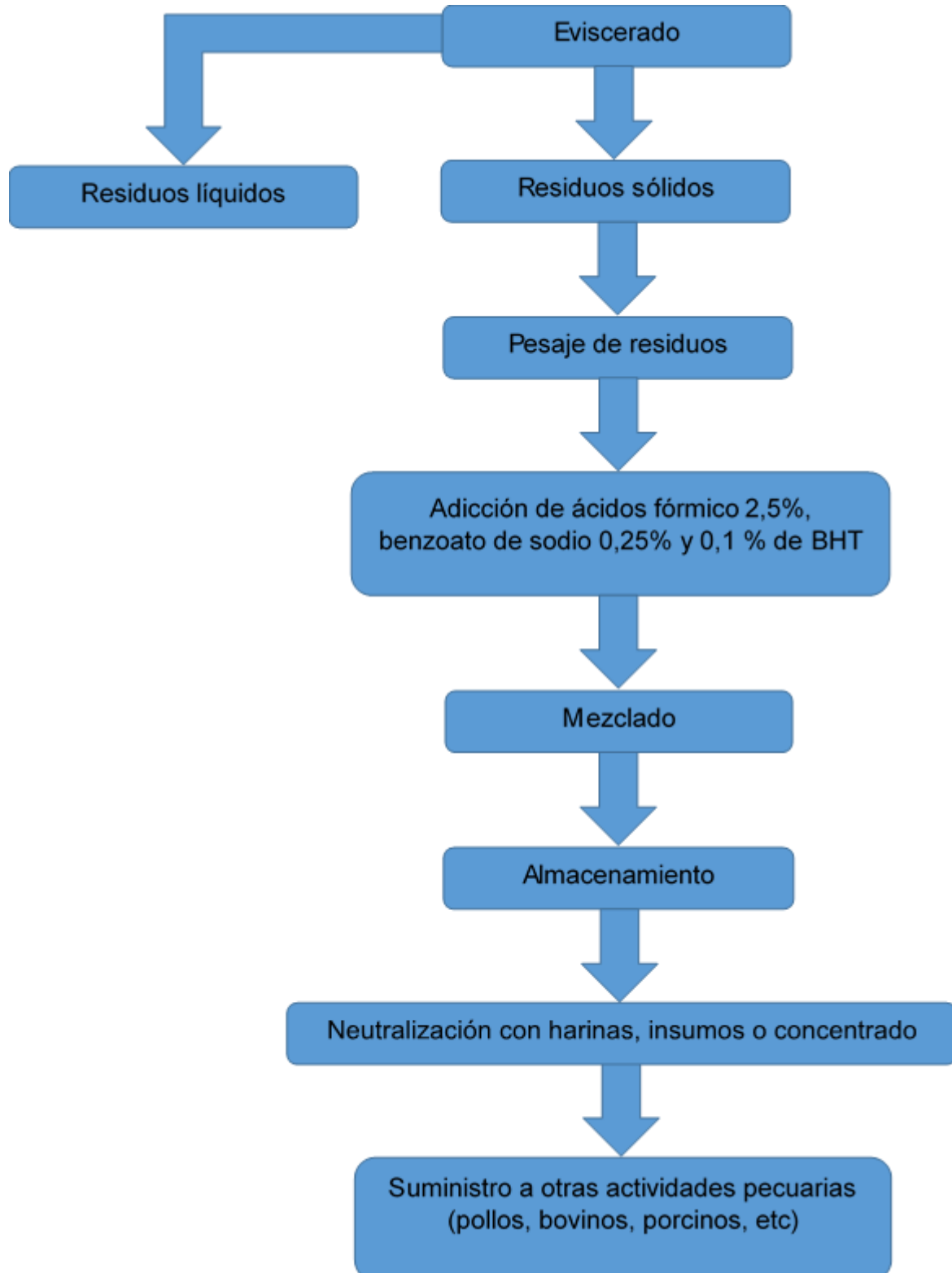


Tabla 22. Estructura de costos ensilaje químico

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total	Referencia
Costos directos					
Visceras	967,1	g		\$ 0,0	
Acido Fórmico(ml)	24,2	ml	\$ 8,12	\$ 196,50	Vásquez 2015; Perea <i>et al.</i> , 2017; 2016; Van 't Land, 2017
Antioxidante(BHT)(g)	2,4	g	\$ 37,20	\$ 89,28	Perea <i>et al.</i> , 2017
Benzoato de sodio(g)	1	g	\$ 9,04	\$ 9,04	Perea <i>et al.</i> , 2017
Mano de obra	0,029	Jornal	\$ 51.603,94	\$ 1.074,91	SINCHI, 2004
Subtotal costos directos				\$ 1.369,73	
Costos indirectos					
Materiales e insumos				\$ 0,0	
Mano de obra				\$ 0,0	
Otros indirectos	Costos	Valor total	Vida útil (meses)	Cantidad producida estimada	
Amortización del Permiso ICA		\$ 393.286	240		Resolución No. 082178 del 2020
Recipientes de 20 lts		\$ 18.000	24		
Guantes para el acido		\$ 18.000	24		
Mascarilla protectora		\$ 40.000	24		
Depreciación					
Infraestructura		\$ 1.600.000	450		DANE, 2018; Estatuto tributario art.137
Desgaste maquinaria y equipos				18 Kg	
Balanza		\$ 60.000	36		Estatuto tributario art.137
Mezclador		\$ 20.000	36		Estatuto tributario art.137
Beacker		\$ 15.000	36		
Subtotal Costos Indirectos				\$ 611,10	
Total costo de producción Modelo tecnológico 1				\$ 1.980,83 COP/Kg	

* Los precios de los recursos utilizados para los modelos son para el año 2021 y todos están en pesos colombianos (COP).

Modelo tecnológico 2: Ensilaje biológico para la producción de 1 kg de producto

Gráfico 5. Flujograma del proceso ensilaje biológico

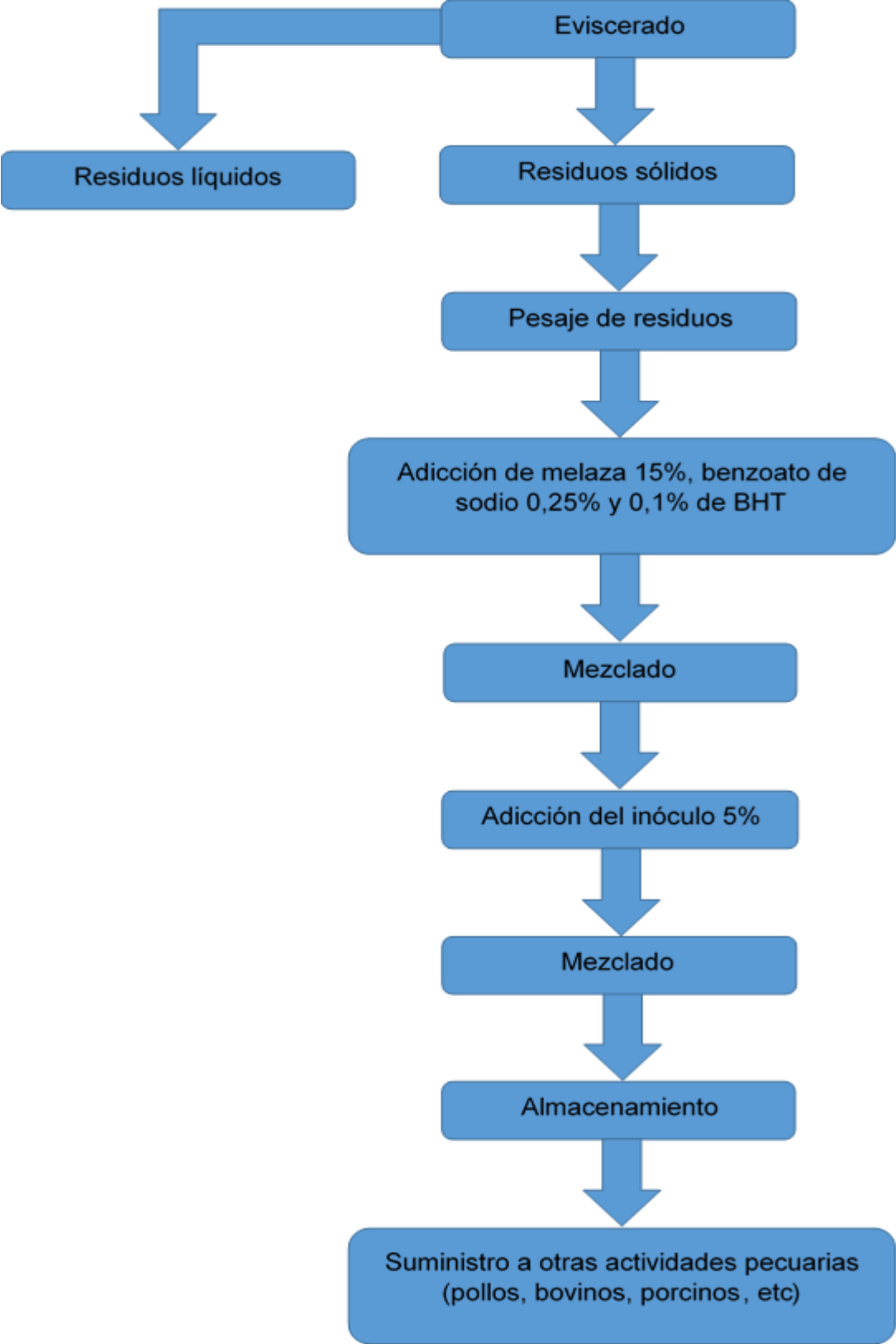


Tabla 23. Estructura de costos del modelo de ensilaje biológico

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total	Referencia
Costos directos					
Visceras	831	g		\$ 0,0	
Melaza	124,65	g	\$ 1,50	\$ 186,98	Holguín <i>et al.</i> , 2009; Perea <i>et al.</i> , 2017
Inoculo	41,55	g	\$ 4	\$ 207,75	Perea <i>et al.</i> , 2017
Antioxidante(BHT)(g)	2	g	\$ 37,20	\$ 74,40	Perea <i>et al.</i> , 2017
Benzoato de sodio(g)	1	g	\$ 9,04	\$ 9,04	Perea <i>et al.</i> , 2017
Mano de obra	0,03125	Jornal	\$ 51.603,94	\$ 1.612,62	SINCHI, 2004
Subtotal Costos directos				\$ 2.090,79	
Costos indirectos					
Materiales				0	
Mano de obra indirecta				\$ 0,0	
Otros Costos indirectos					
	Valor total	Vida útil (meses)	Cantidad producida estimada		
Amortización del Permiso ICA	\$ 393.286	240		\$ 91,04	Resolución No. 082178 del 2020
Recipientes de 20 lts	\$ 18.000	24		\$ 41,67	
Guantes para el ácido	\$ 18.000	24		\$ 41,67	
Depreciación Infraestructura	\$ 1.600.000	450		\$ 197,53	Dane, 2018; Estatuto tributario art.137
Desgaste maquinaria y equipos					
Balanza	\$ 60.000	36	18 Kg	\$ 92,59	Estatuto tributario art.137
Mezclador	\$ 20.000	36		\$ 30,86	Estatuto tributario art.137
Subtotal Costos Indirectos				\$ 495,36	
Total costo de producción Modelo tecnológico 2				\$2.586,15 COP/Kg	

Modelo tecnológico 6: Biodigestores con la misma cantidad estimada de producción

Gráfico 6. Flujograma del proceso biodigestores

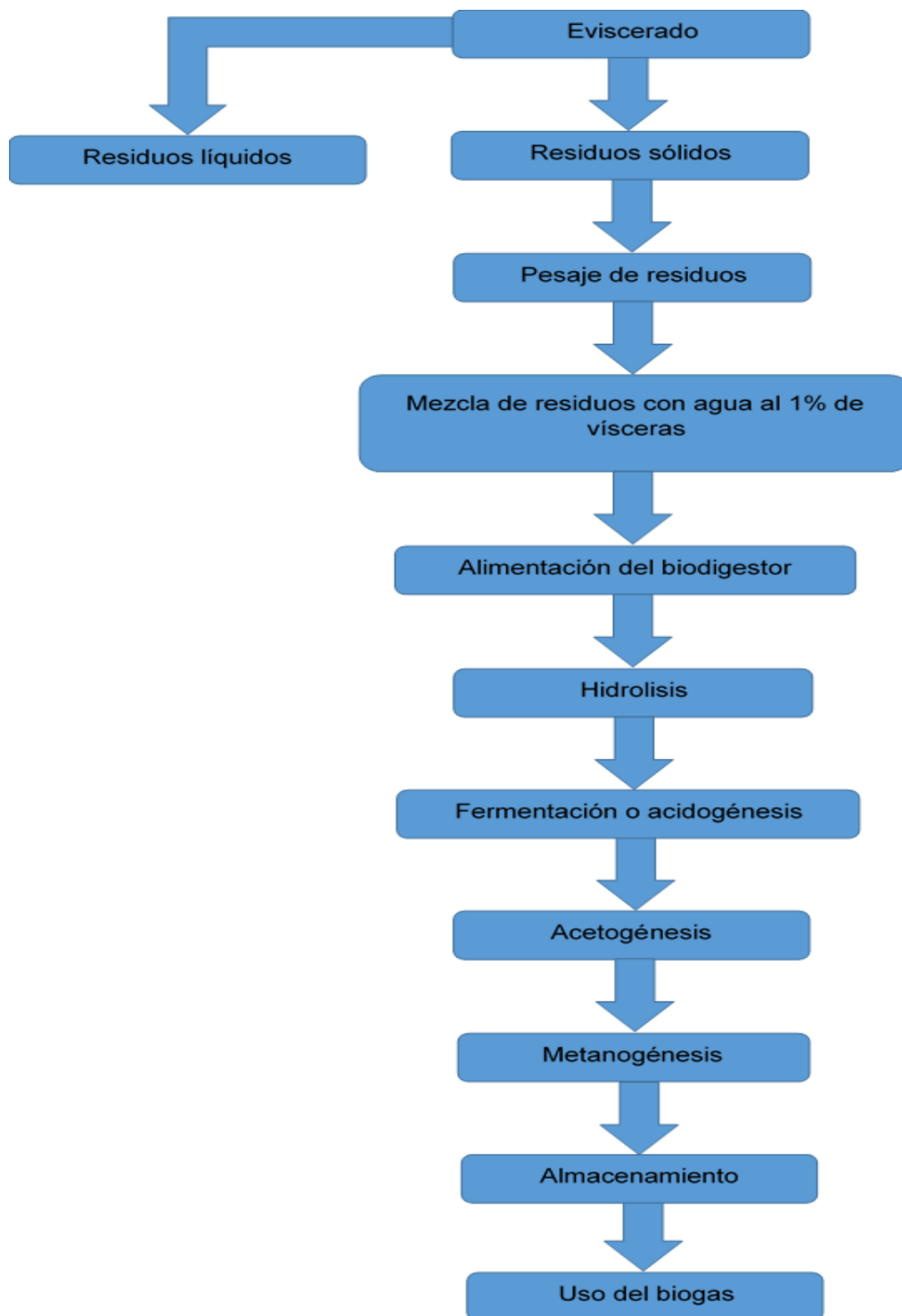


Tabla 24. Estructura de costos del modelo biodigestores

Ítem	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Costo total	Referencia
Costos directos					
Vísceras	18	kg		\$ 0,0	
Mano de obra	0,029	Jornal	\$ 51.603,94	\$ 1.074,91	
Subtotal costos directos				\$ 1.074,91	
Costos indirectos					
Materiales				\$ 0,0	
Mano de obra indirecta				\$ 0,0	
Otros Costos indirectos	Valor total	Vida útil (meses)			
Agua	\$ 600	1		\$ 33,33	Cadavid <i>et al.</i> , 2019
Capacitación	\$ 600.000	60		\$ 555,55	Cadavid <i>et al.</i> , 2019
Infraestructura	\$ 2.600.000	180		\$ 802,47	Cadavid <i>et al.</i> , 2019
Subtotal costos indirectos				\$ 1.391,36	
Total costo de producción Modelo tecnológico				\$2.466,26 COP/Kg	

1 kg trucha 22% rendimiento en canal 78, si la trucha es pine bone out y fin bone pbi, 1kg de desecho serian 18 a 20 truchas, cada trucha paga 99-143 COP por concepto de desecho para los 3 modelos analizados

Caracterización del producto terminado para cada uno de los modelos tecnológicos

Se caracterizó el producto resultante de cada modelo tecnológico preseleccionado, con el fin de dar una visión más amplia de sus posibles usos y cuidados particulares.

Tabla 25. Caracterización del producto Modelo tecnológico 1: Ensilaje químico

Característica	Observación	Referencia
Física	Es un líquido bastante denso, de apariencia pastosa, inodoro y con una posible fase lipídica según las vísceras de la especie.	Góngora, 2012; FAO, 2018b
Química	Posee un pH ácido, incluso por debajo de 4.	FAO, 2018b
Biológica	El pH ácido del ensilaje químico elimina los posibles patógenos y otros microorganismos de las vísceras.	Vásquez, 2015
Vida útil	Más de un año en condiciones ambientales.	FAO, 2018b
Método de conservación	El pH ácido es su propio sistema de conservación.	Góngora <i>et al.</i> , 2018
Usos generales	Como alimentación animal para especies pecuarias.	Parra <i>et al.</i> , 2016; FAO, 2018b
Precauciones	El ácido fórmico puede ser un componente tóxico e incluso inflamable, así que se deberá manejar con todas las precauciones necesarias.	(New Jersey Department of health, 2010)

Tabla 26. Caracterización del producto Modelo tecnológico 2: Ensilaje biológico.

Característica	Observación	Referencia
Física	Es un líquido bastante denso de apariencia pastosa, inodoro o con olor a malta; con una posible fase lipídica según la materia prima.	Tatterson, 1982; Góngora, 2012; <i>et al.</i> , 2018
Química	Posee un pH bastante ácido alrededor de 4.	Góngora, 2012; FAO, 2018b
Biológica	En este ensilaje se presentan la eliminación de los posibles patógenos en las vísceras, además que los lactobacilos pueden tener un efecto probiótico.	Vásquez, 2015; Góngora, <i>et al.</i> , 2018
Vida útil	Más de 6 meses a temperatura ambiente.	Holguín <i>et al.</i> , 2009
Método de conservación	El ácido mismo es su propio conservante.	Perea <i>et al.</i> , 2017
Usos generales	Como alimentación a diferentes especies pecuarias.	Góngora <i>et al.</i> , 2018
Precauciones	Ninguna de alarma.	Góngora, 2012

Tabla 27. Caracterización del producto Modelo tecnológico 6: biodigestores

Característica	Observación	Referencia
Física	El resultante final es el metano; un gas incoloro e inodoro. Aunque el biogás puede contener sulfuro que propicia el mal olor.	FAO, 2011; New Jersey department of health, 2016;
Química	Es un componente bastante inflamable, no tan relacionado con la toxicidad.	New Jersey department of health, 2016
Biológica	No aplica.	
Vida útil	No aplica, es un gas común en las extracciones de petróleo, así que se estaría hablando de tiempos geológicos.	Yañes y Gualdrón, 2014
Método de conservación	Se debe mantener en condiciones de controladas lejos de fuentes caloríficas, chispas o cualquier otro componente que puede generar la ignición.	Yañes y Gualdrón, 2014
Usos generales	Principalmente como combustible, es el componente principal del gas natural.	FAO, 2011; New Jersey department of health, 2016
Precauciones	Es un gas que puede generar problemas con la temperatura o la presión al ser un combustible.	New Jersey department of health, 2016

Para la determinación del beneficio de cada modelo tecnológico se comparó con el precio comercial del bien que podría ser sustituido y así, saber cuánto sería el posible ingreso del productor. Para hacerla lo más comparable posible al alimento balanceado en los modelos 1 y 2, se planteó con base en la dieta sugerida por el SINCHI (2007), que utiliza el ensilaje en un 40%, 50 % de salvado de trigo y 10 % de harina de trigo (tabla 28).

Tabla 28. Determinación del beneficio por modelo tecnológico

Modelo tecnológico	Unidad(kg)	Costo unitario	Cantidad de producto terminado	Precio comercial del bien a sustituir	
				Alimento balanceado	
				Pollos	Iniciación cerdos
				**\$2.092 /kg	**\$2.550/kg
Ensilaje químico					
Ensilaje	0,4 kg	\$ 1.980,83	1KG	Costo total modelo tecnológico	
**Salvado de trigo	0,5 kg	\$ 2.125,00		\$2.108,23 \$/kg	
**Harina de trigo	0,1 kg	\$ 2.534,02		Beneficio	
				-\$16,23 \$/kg	\$441,77 \$/kg
Ensilaje biológico					
Ensilaje	0,4 kg	\$ 2.586,15	1KG	Costo total modelo tecnológico	
**Salvado de trigo	0,5 kg	\$ 2.125,00		\$2.350,36 \$/kg	
**Harina de trigo	0,1 kg	\$ 2.534,02		Beneficio	
				-\$258,36 \$/kg	\$199,64 \$/kg
Biodigestores					
Biodigestores	1 kg	\$ 2.466,26	0,2-0,9 m ³ * o 0,1314-0,5913kg	Precio de la pipeta de gas	
				\$4.450/ kg ***	
				Beneficio del modelo de biodigestores	
				\$-2.375,35\$/kg	

*Según Ivannovs los rangos de producción de metano producido por los residuos de pescado varían de 0.2 a 0.9 m³/kg.

**Con costos aproximados de flete

*** (Vidagas, 2021)

$$**** \text{Beneficio del modelo de biodigestores} = \$4450 - \left(\left(\frac{1 \text{Kg visceras} * 1 \text{kg CH}_4}{0,1314 \text{ Kg} + 0,5913/2} \right) * 2.466,26 \right)$$

***** Tanto los costos como los beneficios fueron determinados para el año 2021.

***** La moneda utilizada es peso colombiano COP

Una vez elaborado el cálculo del beneficio por modelo tecnológico de las diferentes propuestas evaluadas, se denota que los ensilajes solo presentan algún beneficio económico en la alimentación de cerdos (iniciación), entre los cuales el químico es el que ofrece mayor beneficio (441,77 COP/kg); la mano de obra más los insumos hacen que sea más costoso el ensilaje biológico; y en cuanto a la biodigestión, la conversión de kg de vísceras no genera el CH₄ suficiente para los costos específicos del modelo, entonces se producen pérdidas económicas bajo esas condiciones; en el químico, como la harina de trigo y el salvado son más costosos que el ensilaje, lo que sucede es un incremento al precio final de la dieta por encima del del modelo tecnológico; lo que lo vuelve inviable para la alimentación en pollos. Cabe resaltar que hay un vacío de información, las

investigaciones encontradas no reportan ensilaje biológico exitoso en condiciones de bajas temperaturas, de hecho se ha observado deterioro del producto a 5 °C (Fangbenro y Jancey (1995), y es 15 °C de temperatura constante el valor más bajo registrado (Perea *et al.*, 2017); en este orden de ideas, la temperatura media en el municipio de Belmira para el año 2016 fue de 12,44 C° y bajó a una mínima de 9,03 °C (Gobernación de Antioquia; 2016); por tanto, puede ser necesaria una adaptación adicional del sistema para elevar un poco la temperatura, que finalmente se vería reflejada en costos.

Algo similar pasa con el modelo de los biodigestores, ya que no son tan eficientes a bajas temperaturas, necesitan una mayor cantidad de recursos y tiempo de retención que en condiciones mesofílicas (25-45°C) y termofílicas (45-65°C) (FAO, 2011); a 25°C o menos el proceso puede durar más de 100 días (FAO, 2011).

Desde el punto de vista económico el ensilaje químico en cerdos presentó mayor utilidad, con 441,77 COP por kilogramo suministrado, mejor que los otros modelos y aplicaciones, que de hecho mostraron pérdidas (exceptuando el biológico en cerdos 199,64 COP/kg), el ensilaje químico aplicado en pollos mostro una pérdida leve, -16,23 COP/kg, pero se pudo llegar hasta -\$2.375,35 COP/kg para el modelo de biodigestión; inclusive, si se compara con la actividad desarrollada en muchas piscícolas, donde se entierra el material de residuo, como ha sido descrito para el país por Pinzón y Sánchez (2016) y presentado ocasionalmente también en la zona de Belmira (comunicación verbal representante legal Asociación de Truchicultores de Bemira, 2021), también se incurre en pérdidas; costos de excavación (mano de obra) y el encalado que no se toman en cuenta y no obtienen ningún beneficio.

Las vísceras por definición se caracterizarían como residuos peligrosos, teniendo en cuenta el artículo 2.2.6.1.1.3. del decreto 1076 del 2015 Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, ya que causan un posible deterioro del ambiente, la salud humana o animal. Cadavid *et al.* (2019) y Ambrosio (2015) plantean que pueden llegar a transmitir plagas, y poseen una carga propia de bacterias que reafirma su condición de peligro, por tanto, según la norma es obligación del generador de los residuos gestionarlos, según el artículo 2.2.6.1.3.1. Así pues, de acuerdo al análisis realizado, se propone el modelo de ensilaje

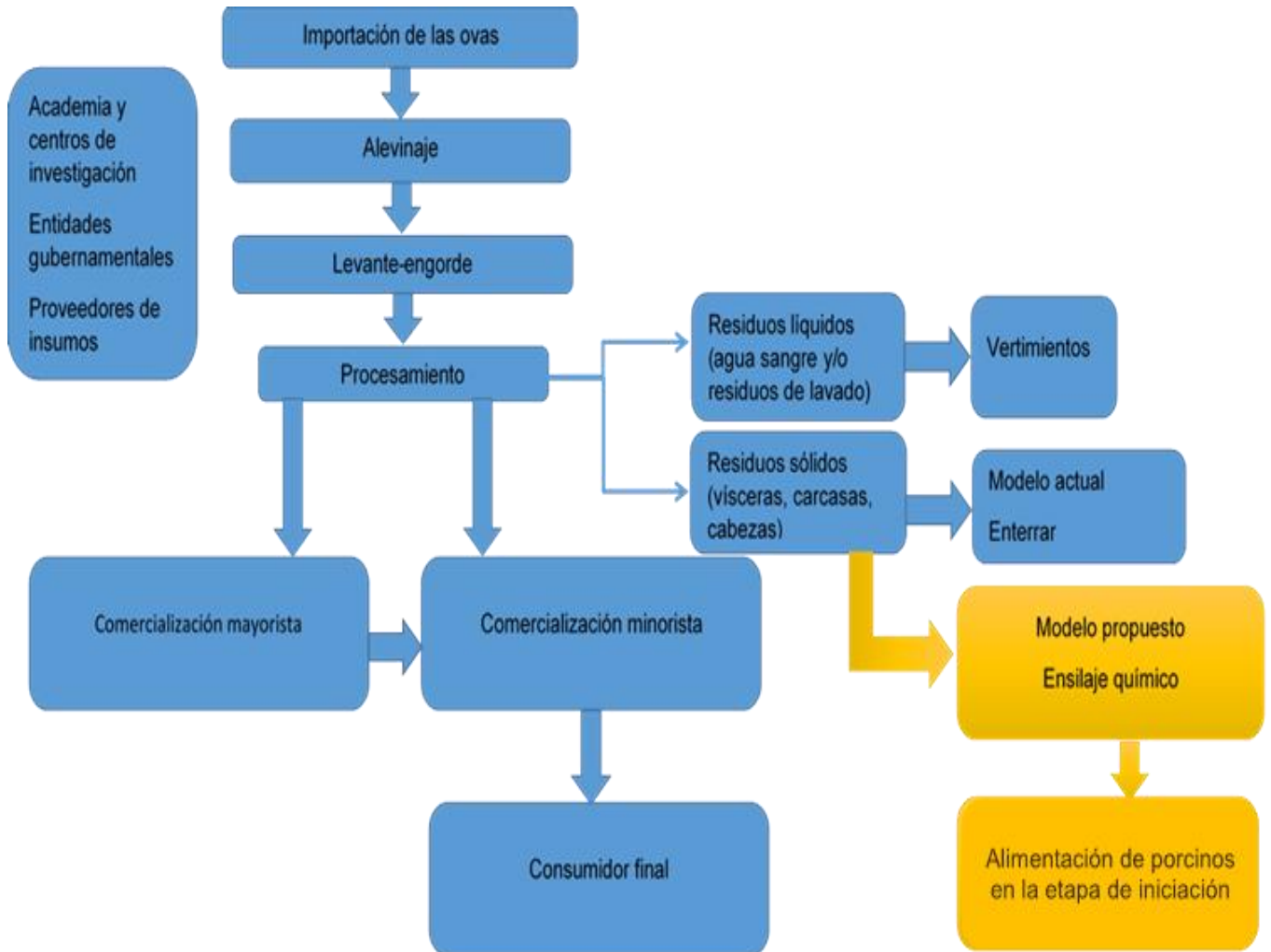
químico para la alimentación en cerdos como una alternativa de gestión, con respecto a lo que se ha venido haciendo en el país.

Por lo anterior, es difícil establecer un modelo de agronegocios basado solo en las vísceras, pues teniendo en cuenta los valores para el ensilaje en cerdos se tendría una utilidad aproximada de \$441,77COP/kg y \$199,64 COP/kg (químico y biológico respectivamente) con relación al alimento balanceado; por tanto, cada asociado se beneficiaría en \$7.951,79 COP total/mes con el químico y \$ 3.593,49 COP con el biológico (Tabla 28); lo que significaría entre \$43.122 y \$95.421 COP respectivamente al año. La importancia radicaría realmente, en ofrecer una solución ambiental para conservar los recursos y no generar pérdidas para el productor.

Para determinar una cantidad de vísceras que brindara la oportunidad de un agronegocio, la pregunta a responder sería ¿cuál es el mínimo rentable desde el punto de vista económico?; esto se estimó con base a lo determinado en el artículo 53 de la Constitución Política Colombiana, que expresa, “la remuneración mínima vital y móvil”, entendida para su efecto como el salario mínimo legal vigente, definido por el mismo estado, para garantizar las necesidades básicas y un mínimo de calidad de vida. En tal sentido, si el salario mínimo para el año 2021 más las prestaciones sociales fue de \$1.459.461,00 COP/mes, el productor para obtener esta remuneración tendría que generar en su sistema de producción el equivalente a 3.303,7 kg de vísceras; más de la mitad de la producción máxima de trucha de la asociación (llevando todas las cifras al máximo, con 6 toneladas y 18% del peso vivo en vísceras solo se produciría 1.050 kg de vísceras, que además serían asincrónicas), para sus 10 productores actuales sería necesario 33.030 kilos de vísceras/mes; para tener una idea, la producción principal (carne de trucha) tendría que ser equivalente a procesar 27.525 kg/mes/productor para poder generar dicha cantidad; por tanto la alternativa de un agronegocio desde las vísceras es aún distante.

Gráfico 7. Propuesta a implementar Vs situación actual

Por tanto, la alternativa de enterrar las vísceras como se viene presentando en el país para este caso, es utilizar el método de ensilaje químico en alimentación de porcinos en la fase de iniciación.



9 Conclusiones:

Generales

- Los residuos a nivel general siempre han sido un problema en la gestión integral de las sociedades, se vuelven una carga empresarial en el mundo moderno y es algo que a las industrias generadoras deben resolver en gran medida.
- La legislación y la prospectiva económica se dirigen hacia el desarrollo sostenible, y la acuicultura no es la excepción. Las industrias deben acoger las nuevas tendencias de las sociedades, especialmente las de cuidar el medio ambiente.
- Las vísceras son un residuo peligroso y difícil de manejar, por sus condiciones nutricionales, su rápido deterioro, su alta carga bacteriana, como vector de patógenos y alta humedad, que lo hacen potencialmente un problema de salud pública.
- Existe un vacío legal en el manejo y la gestión de residuos en la producción, donde no se da un incentivo al desarrollo sostenible, referente a la correcta y económica disposición de los mismos; por tanto, es crucial que el estado intervenga mediante la entrega de apoyo económico y transferencia tecnológica, que estimulen al productor acuícola a hacer una disposición adecuada de estos residuos; ya que es un tanto reprochable adjudicarle completamente el manejo ambiental cuando en ocasiones no logran si quiera un beneficio suficiente de su actividad principal, la cual genera dichos residuos.
- Es necesario aprovechar el trabajo que se ha hecho con la población del municipio de Belmira, pues esta ya está concientizada de la importancia económica y ambiental que tiene el páramo en su calidad de vida.

Específicas

- La gestión de residuos no debe pensarse solo desde lo ambiental, se debe considerar la integralidad, especialmente cuando los productores no tienen la capacidad económica para incurrir en grandes gastos, como en el caso de los pequeños acuicultores en Colombia.
- Existe información abordada desde diversos puntos de vista, que permiten llevar a cabo el desarrollo del método de ensilaje (químico o biológico) de vísceras satisfactoriamente, sin ser excesivamente complejo; aunque hay falencias de información, especialmente en la parte de beneficio económico para algunas especies domésticas como bovinos, ovinos y porcinos.
- La parte nutricional y zootécnica del ensilaje de vísceras de pescado está bastante estudiada, por lo cual no se esperarían resultados negativos, ya que ha sido probado en la dieta de diferentes especies domésticas sin mayores resultados adversos, y las vísceras de trucha (especie cultivada en Belmira) tiene información de esta índole.
- Muchos autores y entidades concuerdan que el ensilaje tiene amplios beneficios: es un modelo de gestión de residuos de bajo costo (especialmente el químico según este trabajo), es autoaprovechable y se puede almacenar por largos períodos sin necesidad de gastos de refrigeración.
- Existen muchos modelos de gestión de residuos de vísceras de pescado, pero la población objetivo posee unas condiciones particulares agroclimáticas, una baja y dispersa producción, que dificultarían los otros modelos de aprovechamiento diferentes al ensilaje.
- Los modelos tecnológicos que mostraron posibilidad de estudio para la población objetivo son el ensilaje químico, el ensilaje biológico y la biodigestión; aunque el proyecto buscaba desarrollar el ensilaje biológico, para la población en cuestión no es la mejor opción. El ensilaje químico en alimentación cerdos iniciación mostró ser

el que presentó mayor beneficio económico (441,77 \$COP/kg), aparte de que no tiene restricciones técnicas.

- El costo más alto es la mano de obra, lo cual fue una constante para todos los modelos tecnológicos; sin embargo, como en ocasiones los asociados son los mismos trabajadores, éstos pueden no percibirlo como una erogación de dinero, sino como una contribución al medio ambiente.
- Las posibles utilidades no son incentivo suficiente para generar un modelo de agronegocios partiendo exclusivamente de las vísceras actualmente; primero tendría que fortalecer la actividad principal de la asociación; fomentar los emprendimientos verdes y la adopción tecnológica; para aprovechar ese potencial de cultura ambiental en el municipio y la asociación misma.
- Se propone un sistema de aprovechamiento de vísceras mediante el ensilaje químico para iniciación cerdos, contra la situación actual de enterrar de las vísceras; ya que se verá reflejado en el beneficio económico y ambiental.

10 Recomendaciones

- Es urgente e importante que las entidades del estado responsables del fomento a la preservación y la conservación del medio ambiente apoyen económicamente este tipo de iniciativas, para hacerlas más atractivas a los productores acuícolas.
- Para los proyectos pilotos es prioritario iniciar con comunidades como la del municipio de Belmira, Antioquia, que ya están involucradas en la gestión integral, por el trabajo de corantioquia, se esperaría entonces que fuera de fácil apropiación.
- La sanción a un pequeño productor puede significar el cierre de la producción, por tanto, es necesario encaminar los esfuerzos a alternativas no pecuniarias.
- Debido a que se usó la metodología del SINCHI (2007), se recomienda prepararse la dieta final en el momento de suministrar a las especies domésticas, para no generar deterioro; no se recomienda su uso en especies acuícolas, ya que es una

dieta húmeda y se generará lixiviación; lo que repercute en pérdida económica y deterioro ambiental.

11 REFERENCIAS

- Acevedo V., Gomez G., Chamorro E., Bustillo S. (2018). Digestive aspartic proteases from sábalo (*Prochilodus lineatus*): Characterization and application for collagen extraction. *Food Chemistry* 269 610–617.
- Adeoti I., Hawboldt K. (2014). A review of lipid extraction from fish processing by-product for use as a biofuel. *Biomass and bioenergy* 63, 330-340
- Ahmed J., Mahendrakar N. (1996). Autolysis and rancidity development in tropical freshwater fish viscera during fermentation *Bioresource Technology* 58, 247-251
- Alcaldía de Belmira (2018). Nuestro municipio. Consultado el 7 de marzo 2020. Disponible en <http://www.belmira-antioquia.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Alemán J. (2017). Tesis de maestría: satisfacción laboral del personal de enfermería de la sala de neonatología, hospital militar escuela Dr. Alejandro Davila Bolaños. Managua, Nicaragua.
- Ambrosio M. (2015). Procesamiento pesquero, disposición de residuos, e impacto ambiental, Puerto Madryn – Chubut – Rep. Argentina. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/266409250>
- Ammenber J., Feiz R. (2017). Assessment of feedstocks for biogas production, part II—Results for strategic decision-making. *Resources, Conservation and Recycling* 122, 388–404.
- Anglesea J., Jackson J. (1985). Thiaminase activity in fish silage and moist fish feed. *Animal Feed Science and Technology*, 13, 39–46.
- Arroyo F., Bravo D., Rivera M. (2018) Economía circular: un camino hacia un Quito más sostenible. *INNOVA Research Journal* Vol. 3, No.11 pp. 139-158.
- Arruda L., Borghesi R., Oetterer M. (2007). Use of fish waste as silage—a review. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 50, 879–886.
- Asche F., Cojocar A., Roth B. (2018). The development of large-scale aquaculture production: A comparison of the supply chains for chicken and salmon. *Aquaculture* 493, 446–455.
- Atef M., Mahdi S. (2017). Health benefits and food applications of bioactive compounds from fish byproducts: A review. *Journal of Functional Foods* 35, 673–681.
- Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP (2013a). Plan Estratégico Institucional 2014–2018. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Colombia.

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP (2013b). Diagnóstico del Estado de la Acuicultura en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-MADR-, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca –AUNAP-, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO- Bogotá.

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP (2013c). Zonificación de la Acuicultura Nacional. Bogotá –Colombia.

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP (2014). Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia – PlaNDAS. Bogotá-Colombia.

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP (2018). Estimaciones de la producción de la acuicultura durante los años 2017 y 2018. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Bogotá, 25 p.

Ballesta M., Carbonell L., Manjarres J., Ropain H.(2021) Operación de una planta de harina y aceite de pescado para el consumo animal. Disponible en: <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/bitstream/123456789/5641/1/Operaci%C3%B3n%20de%20una%20planta%20de%20harina%20y%20aceite%20de%20pescado%20para%20el%20consumo%20animal.pdf>

Balti R., Bougatef A., Souissi N., EL-Hadj N., Zekri D., Barkia A., Nasri M. (2008). Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of protein hydrolysates from cuttlefish (*Sepia officinalis*) by-products. In Moncef Nasri (Ed.), Recent research developments in food by-products technology and biotechnology, ISBN: 978-81-308-0259-6. Research Signopost 37/661(2), Fort P.O., Trivandrum-695 023, Kerala, India (in press).

Banco Central de Reserva del Perú (sf). Pesqueros - aceite de pescado - precio (US\$ por toneladas) <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/anuales/resultados/PM05422BA/html>

Banco de la República (2016). Ahorro de los hogares de ingresos medios y bajos de las zonas urbana y rural en Colombia. Borradores de economía disponible en: http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/be_960.pdf

Bazurto D. (2018). Estudio del proceso de producción de la empresa exportadora harina de pescado Harimar Guayaquil – Ecuador.

Bechtel P. (2003). Properties of different fish processing by-products from Pollock, cod and salmon. Journal of Food Processing Preservation, 27, 101–116.

- Bhaskar N., Benila T., Radha C., Lalitha G. (2008). Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of Catla (*Catla catla*) for preparing protein hydrolysate using a commercial protease. *Bioresource Technology* 99, 335-343.
- Blanco M., Sotelo C., Chapela M., Pérez-Martín R. (2007). Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 18, Issue 1, 2007, Pages 29-36
- Blunden J., Curry N. (1996). Analysing amenity and scientific problems: The Broadlands, England. Pag 46-48.
- Bolívar H., Ramírez E. (2012). Propuesta para el diseño de un biodigestor para el aprovechamiento de la materia orgánica generada en los frigoríficos de Bogotá. Colombia.
- Bonilla J., Hoyos J. (2018). Methods of extraction, refining and concentration of fish oil as a source of omega-3 fatty acids. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, Mosquera (Colombia), 19(3):645-668
- Botero C. (2012). Aprovechamiento nutritivo de núcleos ensilados de vísceras de pollo en híbridos de cachama *piaractus Brachypomus x colossoma macropomun*. Universidad Nacional De Colombia Sede Palmira-Universidad Del Tolima. Valle del Cauca Colombia.
- Bougatef A., Nedjar N, Ravallen R., Leroy Y., Didier G., Barkia A., Moncef N., (2008). Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activities of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products protein hydrolysates obtained by treatment with microbial and visceral fish serine proteases. *Food Chemistry* 111 350–356.
- Bücker F., Marder M., Peiter M., Neutzling D., Mendonça V, de Almeida L., Konrad O. (2019). Fish waste: an efficient alternative to biogas and methane production in an anaerobic mono-digestion system. *Renewable Energy* Volume 147, Pages 798-805.
- Bustamante E., Zuñiga A., Toro I. (2017). Diseño de un plan de direccionamiento estratégico para el sector piscícola. *Espacios*. 38. 18. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/316862444_Diseño_de_un_plan_de_direccionamiento_estrategico_para_el_sector_piscicola
- Cadavid L., Vargas M., Placido J. (2019). Biomethane from fish waste as a source of renewable energy for artisanal fishing communitie. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 34, 110–115.
- Cahú T., Santos S., Mendes A., Córdula C., Chavante S., Carvalho L., Nader H., Bezerra R. (2014). Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific

white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) processing waste. *Process Biochemistry* 47, 570–577.

Cai T., Pancorbo O., Merka W., Sander J., Barnhart H. (1995). Stabilization of poultry processing by-products and poultry carcasses through direct chemical acidification. *Bioresource Technology* 52, Pages 69-77.

Cámara de Comercio de Medellín (2012). Cadena de la Piscicultura en Antioquia. Medellín. Colombia tomado de: https://www.camaramedellin.com.co/site/Portals/0/Documentos/2017/Publicaciones%20regionales/4%20Piscicultura_Oct19.pdf

Chang-Yuan L., Rong-Ji L. (2009). Fuel properties produced from the crude fish oil from the soapstock of marine fish. *Fuel processing technology* vol 90, Issue 1, Pages 130-136.

Coca-cola Company (sf) Estrategia de sostenibilidad. Disponible en : <https://www.cocacolaespana.es/conocenos/informacion-corporativa/estrategia-sostenibilidad>

Coello N., Brito L., Nonus M. (2000). Biosynthesis of l-lysine by *Corynebacterium glutamicum* grown on fish silage, *Bioresource Technology*, Volume 73, Issue 3, Pages 221-225.

Commission European. (2008). Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives. Disponible : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN>

Commission European EC 1380, (2013). Regulation (EU) no 1380/2013 on the common fisheries policy, amending council regulations (EC) no 1954/2003 and (EC) no 1224/2009 and repealing council regulations (EC) no 2371/2002 and (EC) No 639/2004 and council decision 2004/585/EC. *Off. J. Eur. Union*.

Comisión Europea. (2014). Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones: “Hacia una economía circular: un programa de cero residuos para Europa”, Bruselas, 2.7.2014 COM 398 final, [en línea]. Disponible en Internet: < http://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:50edd1fd01ec-11e4-831f-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF

Confecamaras (2019). Registro único empresarial y social cámaras de comercio (RUES). Colombia.

Cooper J., Diesburg y., Babej J., Noona M., Kahn E., Puettmann M., Coltd J. (2014). Life Cycle Assessment of products from Alaskan salmon processingwastes: Implications of

coproduction, intermittent landings, and storage time. *Fisheries Research* 151, Pages 26–38.

Coppola D., Chiara L., Fortunato P., Riccio G., Rizzo C., de Pascale D. (2021). Fish Waste: From Problem to Valuable Resource. *Marine Drugs* 19, no. 2: 116.

Corantioquia (2015). Plan de acción 2016-2019 Antioquia. Colombia disponible en: http://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Plan%20de%20Acci%C3%B3n%202016-2019/Plan%20de%20Acci%C3%B3n_Corantioquia_2016-2019.pdf

Corantioquia (2016). Piscícola Manual de Producción y Consumo Sostenible. Gestión del Recurso Hídrico. Medellín-Colombia

Corral M., Grizel H., Montes J., Polanco E. (2000). La acuicultura: Biología, regulación, fomento, nuevas tendencias y estrategia comercial- TOMO I-Análisis del desarrollo de los cultivos: medio, agua y especies.

Correia M., Sousaa E., Pintoa M., Kijjoa A. (2017). Anticancer and cancer preventive compounds from edible marine organisms. *Seminars in Cancer Biology* 46, Pages 55–64.

Cruz E., Ricque D., Martínez J., Wesche P. (1993). Evaluation of two shrimp by-product meals as protein sources in diets for *Penaeus vannamei*. *Aquaculture*, 115, Pages 53-62.

David C., Bedoya O., Millán L. (2018). Silo de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) como suplemento en alimentación de ovinos. *Revista producción + limpia - Vol. 13*, Pag 29-36.

Dekamin M., Barmaki M. (2019). Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production, *Journal of Cleaner Production*, Volume 210, Pages 459-465, ISSN 0959-6526.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2015). Censo nacional agropecuario. Colombia. disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/censo-nacional-agropecuario-2014>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2015b). Pobreza monetaria y multidimensional en Colombia 2015. Disponible en https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/pobreza/bol_pobreza_15_.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2018). Censo de Edificaciones disponible en http://microdatos.dane.gov.co/index.php/catalog/581/get_microdata

Departamento de Planeación Nacional DPN (2015). Diagnóstico de la pobreza rural. (2010-2014). Colombia.

De Oliveira D., Minozzo M., Licodiedoff S., Waszczynskyj N. (2016). Physicochemical and sensory characterization of refined and deodorized tuna (*Thunnus albacares*) by-product oil obtained by enzymatic hydrolysis. Food Chemistry Volume 207, Pages 187-194.

Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales DIAN (sf) MUISCA. Consulta por estructura arancelaria. Disponible en: <https://muisca.dian.gov.co/WebArancel/DefConsultaEstructuraArancelaria.faces>

Dos Santos C., da Silva J., Zinani F., Wander P., Gomes L. (2015). Oil from the acid silage of Nile tilapia waste: Physicochemical characteristics for its application as biofuel. Renewable Energy 80, Pages 331-337.

Durana D. (2014). Regulación empresarial voluntaria y medio ambiente: análisis de la adopción de ISO 14001 en las organizaciones de la CAPV. Colombia.

Espe M., Haaland H., Njaa L. Raa J. (1992). Growth of young rats on diets based on fish silage with different degrees of hydrolysis Food Chemistry 44, Pages 195-200.

Evers D., Carroll D. (1996). Preservation of crab or shrimp waste as silage for cattle. Animal Feed Science Technology 59, Pages 233-244.

Faid M., Karani H., Elmarrakchi A., Achkari-Begdouri A. (1994). A biotechnological process for the valorization of fish waste, Bioresource Technology, Volume 49, Issue 3, Pages 237-241.

Fagbenro O., Jauncey K. (1993). Chemical and nutritional quality of raw, cooked and salted fish silages. Food Chemistry 48, Pages 331-335.

Fagbenro O., Jauncey K. (1994). Growth and protein utilization by juvenile catfish (*Clarias gariepinus*) fed moist diets containing autolysed protein from stored lactic acid-fermented fish-silage. Bioresource technology 48, Pages 43-48.

Fagbenro O., Jauncey K. (1994b). Chemical and nutritional quality of fermented fish silage containing potato extracts, formalin or ginger extracts. Food Chemistry 50, Pages 383-388.

Fagbenro O., Jauncey K. (1995). Growth and protein utilization by juvenile catfish (*Clarias gariepinus*) fed dry diets containing co-dried lactic acid-fermented fish silage and protein feedstuffs. Bioresource Technology Volume 51, Issue 1, Pages 29-35.

Felipe C., Moreno U. (2005). Producción de Biogas a partir de estiércol de cuy. LEISA Revista de Agroecología, volumen 21 no. 1. Pag 23.

Ferraro V., Cruz I., Ferreira R., Malcata X., Pintado M., Castro P.(2010). Valorisation of natural extracts from marine source focused on marine by-products: A review, Food Research International, Volume 43, Issue 9, Pages 2221-2233.

Food and Agriculture Organization FAO (sf). Visión general del sector acuícola nacional: Colombia. Disponible en http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_colombia/es

Food and Agriculture Organization FAO (sf b). GLOBEFISH - Información y Análisis sobre el Comercio Mundial de Pescado disponible en: <http://www.fao.org/in-action/globefish/market-assets/countries/can/canada-trade/es>

Food and Agriculture Organization FAO (1997). Experiencias con Ensilado de Pescado en Venezuela. Caracas-Venezuela.

Food and Agriculture Organization FAO (2011). Manual de biogás. Santiago de Chile. disponible en: <http://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>

Food and Agriculture Organization FAO (2012). Producción pecuaria en América Latina y el Caribe. En línea. consultado en 29 nov. 18 disponible en: <http://www.fao.org/americas/prioridades/produccion-pecuaria/es/>

Food and Agriculture Organization FAO (2014). Comité De Seguridad Alimentaria Mundial. Informe del 41.º período de sesiones del Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Roma. Disponible en : http://www.fao.org/fileadmin/templates/cfs/Docs1314/CFS41/CFS41_Final_Report_ES.pdf

Food and Agriculture Organization FAO (2014b). Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris. Guatemala

Food and Agriculture Organization FAO (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma-Italia.

Food and Agriculture Organization FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura: cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma-Italia.

Food and Agriculture Organization FAO (2018b). Manual sobre cómo convertir los desperdicios del pescado en ganancias y en un ingrediente valioso de la ración o como fertilizante. Roma-Italia.

Food and Agriculture Organization FAO (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma-Italia.

- Franco J. (2011). Modelación de la estructura térmica de un embalse ramificado mediante el análisis de los procesos físicos gobernantes. Aplicación al embalse multipropósito Riogrande II. Universidad Nacional de Colombia.
- Freitas E., da Silva M., Ziemann M., Menezes F., Silveira M., Andreatza R. (2019). Physicochemical characterization of oil extraction from fishing waste for biofuel production. *Renewable Energy* 143, Pages 471- 477.
- Fuentes J.(2014). Evolución del régimen ambiental de la acuicultura en Chile. *Revista de Derecho de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso* no.42 Valparaíso-Chile
- Galvão J. (2020). Del agua al plato: ¿cómo producir pescado seguro y sostenible? Conferencia magistral internacional. IX Congreso colombiano de acuicultura. Colombia.
- García A., Romero R., Castro H. (2017). Aprovechamiento de las escamas de la industria acuícola en el departamento del Huila, Colombia. *Revista Producción + Limpia* -Vol.11, No. 2, Pag 102-110.
- García M., Hernández G., Hernández J. (2016). Líneas de investigación y Matrices De Ponderación (MDP). Caracas-Venezuela. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/310818510_LineasInvestigacionMDP151012aC/PDF/citation/download
- Gao Y., Io K., Liao P. (1992). Utilization of Salmon Farm Mortalities: Fish Silage. *Bioresource Technology* 41, pages 123-127.
- Ghisellini P., Cialani P., Ulgiati S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems *J. Clean. Prod.*, 114, pages 11-32.
- Gildberg A. (1993). Enzymic Processing of Marine Raw Materials. *Process Biochemistry* 28, pages 1-15.
- Girgih A., Udenigwe C., Hasan F., Gill T., Aluko R. (2013). Antioxidant properties of Salmon (*Salmo salar*) protein hydrolysate and peptide fractions isolated by reverse-phase HPLC. *Food Research International* Volume 52, Issue 1, Pages 315-322.
- Gobernación de Antioquia (2016). Temperatura promedio anual, en los Municipios de Antioquia. disponible en: <https://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/2-2-5-temperatura-promedio-anual-en-los-municipios-de-antioquia-ano-2016>
- Gómez E., Navas D., Aponte G., Betancourt L. (2014a). Literature review methodology for scientific and information management, through its structuring and systematization. *DYNA*, Volumen 81, Número 184, pages 158-163.

Gómez G., Ortiz M., Perea C., López C. (2014b). Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 12 No. 1, pag 106-114.

Góngora H. (2012). Optimización de los procesos de ensilado a partir de residuos de la industria y pesquera y evaluación de nuevas aplicaciones en la alimentación animal. Universidad nacional del Comahue. Argentina.

Góngora H., Maldonado A., Ruiz E., Breccia J. (2018). Supplemented feed with biological silage of fish-processing wastes improved health parameters and weight gain of mice. Engineering in Agriculture, Environment and Food Volume 11, Issue 3, pages 153-157.

Gonçalves A., Emerenciano M., Ribeiro F., Neto J., (2019). The inclusion of fish silage in *Litopenaeus vannamei* diets and rearing systems (biofloc and clear-water) could affect the shrimp quality during subsequent storage on ice?. Aquaculture 507, pages 493–499.

Green S., Wiseman J., Cole J. (1988). Examination of Stability, and its Effect on the Nutritive Value, of Fish Silage in Diets for Growing Pigs. Animal Feed Science and Technology 21, pages 43-56.

Greggio N., Carlini C., Contin A., Soldano M., Marazza D. (2018). Exploitable fish waste and stranded beach debris in the Emilia-Romagna Region. Italy. Waste Management 78, pages 566–575.

Guerrero L. (2020). Vigencia de los bancos de tejidos laminares. Cir. plást. iberolatinoam. vol.46 supl.1, pag 23-30. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-78922020000200007&lng=es&nrm=iso>. Epub 22-Jun-2020. ISSN 1989-2055. <https://dx.doi.org/10.4321/s0376-78922020000200007>.

Gutiérrez M., Vásquez W. (2012). Digestibilidad aparente de la harina de vísceras de pollo y harina de pescado en juveniles de *Piaractus brachypomus* Cuvier 1818. Orinoquia vol.16 supl.1, pag 265.

Guzmán J., Viana M. (1998). Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fish meal, compared to a commercial diet. Aquaculture 165, pages 321–331.

Haaland E., Njaa L. (1989). Total Volatile Nitrogen - a Quality Criterion for Fish Silage? .Aquaculture, 79, pages 311-316.

Hanson J., Helvey M., Strach R. (2003). Non-Fishing Impacts to Essential Fish Habitat and Recommended Conservation Measures. National Marine. United States.

Hardy R., Shearer K. Spinelli J. (1984). The nutritional properties of co-dried fish silage in Rainbow trout (*salmo gairdneri*) dry diets. Aquaculture 38, pages 35-44.

Hassan T., Heath J. (1987). Chemical and nutritive characteristics of fish silage produced by biological fermentation, *Biological Wastes*, Volume 20, Issue 3, Pages 187-201.

Heras H., McLeod C., Ackman R. (1994). Atlantic dogfish silage vs. herring silage in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*): growth and sensory evaluation of fillets, *Aquaculture*, Volume 125, Issues 1–2, 1994, Pages 93-106.

Hleap J., Gutiérrez C. (2017) Hidrolizados de pescado – producción, beneficios y nuevos avances en la industria. -Una revisión. *Acta Agron.* 66, pag 311-322.

Holguín M., Caicedo L., Veloza L. (2009). Biológicos a Partir De Residuos De Pescado Inoculados Con Bacterias Ácido-Lácticas. *Revista Médica Veterinaria*, 56, pag 95–104.

Hoyos J. (2009). Valoración técnica económica de los subproductos obtenidos del proceso de transformación de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) en la represa "La Salvajina". Popayán-Colombia.

Indexmundi (sf) Harina de pescado Precio Mensual - Dólares americanos por tonelada métrica. Disponible en: <https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=harina-de-pescado&meses=60>

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI (2004). Cuantificación y aprovechamiento de los subproductos pesqueros en el trapecio amazónico colombiano. Informe final. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi – Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA.

Instituto Amazonico de Investigaciones Cientificas SINCHI (2007). Como conservar y utilizar los desperdicios del pescado: ensilaje biológico como alternativa. Disponible en: <https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/ensilado%20para%20web.pdf>

Instituto de Estudios Ambientales IDEA (2018). Contrato interadministrativo N° 435 de 2016 suscrito entre MADS, MSPS y el IDEA de la Universidad Nacional de Colombia. disponible en: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Producto_3_-_Analisis_y_Evaluacion_General.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2018). Reporte de avance del Estudio Nacional del Agua ENA 2018. Bogotá, D.C., 2018. pag.46

Instituto Humboldt (2007). Diagnóstico de bienes y servicios ambientales del páramo de Belmira. Colombia

IPAC (2020) Europa a la cabeza en el uso de subproductos para la industria de harina de pescado. Disponible en:

http://www.ipacuicultura.com/noticias/en_portada/74961/europa_a_la_cabeza_en_el_uso_de_subproductos_para_la_industria_de_harina_de_pescado.html

Ivanovs k., Spalvins K., Blumerga D. (2018). Approach for modelling anaerobic digestion processes of fish waste. *Energy Procedia* 147, pages 390-396.

Ivar S., Jarle S., Eijsink V. (2005). Enzymatic hydrolysis of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) viscera. *Process Biochemistry* 40, pages 1957–1966.

Islam N., Wahid Z. (2018). Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: A review, *Journal of Cleaner Production*, Volume 194, Pages 359-371.

Jackson A., Kerr A., Cowey C. (1984). Fish silage as a dietary ingredient for salmon. I. Nutritional and storage characteristics *Aquaculture*, 38, pages 211-220.

Jamdar S., Harikumar P. (2005). Autolytic degradation of chicken intestinal proteins. *Bioresource Technology* 96, pages 1276–1284.

Jarle S., Ivar S., Eijsink V. (2007). Evaluation of different cod viscera fractions and their seasonal variation used in a growth medium for lactic acid bacteria. *Enzyme and Microbial Technology* 40, pages 1328–1334.

Jayasinghe P., Hawboldt K. (2012). A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, pages 798– 821.

Jayasinghe P., Hawboldt K. (2013). Biofuels from fish processing plant effluents – waste characterization and oil extraction and quality. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 4, pages 36–44.

Jayathilakan K., Sultana K., Radhakrishna k., Bawa A. (2012). Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. *J Food Sci Technol.* 49(3), pages 278–293.

Jurgens N., deWet L., Görgens J. (2014a). The effects of protein hydrolysates on the immunity and growth of the abalone *Haliotis midae*. *Aquaculture* 428–429, Pages 243–248.

Jurgens N., de Wet L., Görgens L., Jacobs K., de Bruyn A.(2014b). Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Animal Feed Science and Technology* 188, pages 74– 84.

Kim K., Park Y., Je H., Seong M., Damasaru J., Kim S., Jung J., Bai S. (2019). Tuna byproducts as a fish-meal in tilapia aquaculture. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 172, pages 364–372.

Kim S., Mendis E. (2006). Bioactive compounds from marine processing byproducts – A review. *Food Research International* 39, pages 383–393.

Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling* Volume 127, Pages 221-232.

Kumar A., Swapna H., Bhaskar N., Halami P., Sachindra N. (2010). Effect of fermentation ensilaging on recovery of oil from fresh water fish viscera, *Enzyme and Microbial Technology*, Volume 46, Issue 1, Pages 9-13.

Li Y., Han Y., Zhang Y., Luo W., Li G. (2020). Anaerobic digestion of different agricultural wastes: A techno-economic assessment, *Bioresource Technology*, Volume 315

Lie O., Waagb R., Sandnes K. (1988). Growth and Chemical Composition of Adult Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fed Dry and Silage Based. Diets *Aquaculture* 69, pages 343-353.

Lo K., Liao P., Bullock C. Jones Y. (1993). Silage Production from Salmon Farm Mortalities. *Aquacultural Engineering* 12, pages 37-45.

Londoño J. (2016). Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019. Por un Gobierno Igualitario, Responsable y Comprometido. Belmira-Colombia.

Londoño R. (2021) Comunicación verbal representante legal Asociación de Truchicultores de Bemira.

Londoño R. (2022) Comunicación verbal productor Asociación de Truchicultores de Bemira.

López D. (2018). Implementación de programas agropecuarios asociados a los objetivos de desarrollo del municipio de Belmira-Antioquia. Bogotá.

López F., Gómez G., Ortiz M., Perea C. (2014). Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde. *Revista biotecnología. Universidad del Cauca* Vol. 12, Núm. 1, pag 106-114.

López F., Buitrago M., Reyes J. (2007). Viabilidad de una truchifactoría como alternativa de producción sostenible en la zona del Páramo de Letras, Caldas y Tolima, Colombia. *vet.zootec.* 1(2), pag 30-42.

Machin D., Hector D., Capper B., Carter P. (1984). The utilization by broiler chickens of poultry offal hydrolysed in formic acid. *Animal Feed Science and Technology* 11, pages 247-259.

Machin D., Panigrahi S., Bainton J., Morris T. (1990). Performance of Broiler Chicks Fed on Low and High Oil Fish Silages in Relation to Changes Taking Place in Lipid and Protein Components. *Animal Feed Science and Technology* 28, pages 199-223.

Magnoli A., Poloni V., Cavaglieri L. (2019). Impact of mycotoxin contamination in the animal feed industry. *Current Opinion in Food Science* Volume 29, Pages 99-108.

Márquez L. (2013). Diseño de un sistema para la gestión de aceites vegetales usados en cañete para producir biodiesel. Lima-Perú. Disponible en: https://pirhua.udel.edu.pe/bitstream/handle/11042/2015/ING-L_003.pdf?sequence=1

Martínez R. (2003). Producción de un ensilado biológico a partir de vísceras de pescado de las especies *Prochilodus mariae* (coporo), *Pseudoplatystoma fasciatum* (bagre rayado) y *Phractocephalus hemiliopterus* (cajaro). Universidad Nacional de Colombia Sede Arauca.

Martínez R., Gallardo P., Pascual C., Navarro J., Sánchez A., Caamal-Monsreal C., Rosas C. (2014). Growth, survival and physiological condition of *Octopus maya* when fed a successful formulated diet. *Aquaculture* Volumes 426–427, Pages 310-317.

Martínez O., Chamorro S., Brenes A. (2015). Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review. *Food Research International* 73, pages 204–212.

Martins G., Secco D., Rosa H., Aparecido R., Dresch B., de Souza S., Ferreira R., Roque R., Gurgacz F. (2015). Physical and chemical properties of fish oil biodiesel produced in Brazil, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 42, Pages 154-157.

Méndez J., Rodríguez L., Mandujano J., Reyes C., Banda H., (2016). Yuca: alimento alternativo para cerdos a base de yuca: determinando su rentabilidad y viabilidad económica. *Revista Global de Negocios* Vol. 4, No. 7, pag. 53-61.

Mendoza G., Sierra O., and Universidad Industrial De Santander (2009). Variación temporal del fitoplancton en la laguna sabanas del paramo de Belmira, Antioquia. Colombia. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317416076_Variacion_temporal_de_fitoplancton_de_seis_lagunas_altoandinas_en_relacion_a_las_caracteristicas_fisico-quimicas_del_medio

Menon V., Lele S. (2015). Nutraceuticals and Bioactive Compounds from Seafood Processing Waste. In: Kim SK. (eds) *Springer Handbook of Marine Biotechnology*. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg. pag 1405-1425.

Mezzomo N., Martínez J., Maraschin M., Ferreira S. (2013). Pink shrimp (*P. brasiliensis* and *P. paulensis*) residue: Supercritical fluid extraction of carotenoid fraction, *The Journal of Supercritical Fluids*, Volume 74, Pages 22-33.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR (sf). Costos de producción tilapia y trucha. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/A1311-COSTOS%20TRUCHA%20Y%20TILAPIA.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. (2010). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la trucha arcoíris en el departamento de Antioquia. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Rural MADR (2012). Encuesta nacional piscícola 2012. Bogotá-Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR. (2015). Cadena Nacional Acuicultura. Colombia. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202016%20-%20%20Acuicultura%2020-10-2016.pptx>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR (2017). Cadena de la acuicultura. Colombia disponible en: https://sioc.minagricultura.gov.co/DocumentosContexto/E1239-3_2019_Marzo%2030_2019_BULLETS_Acuicultura_V.2.pptx

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural MADR (2020). Cadena de la acuicultura. Colombia. Disponible en <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación (sf). *Oncorhynchus Mykiss*. Gobierno de España Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/app/jacumar/especies/Documentos/Trucha.pdf>

Mondal S., Hoang G., Manivasagan P., Moorthy M., Kim H., Phan T., Oh J. (2019). Comparative characterization of biogenic and chemical synthesized hydroxyapatite biomaterials for potential biomedical application. *Materials chemistry and physics* volume 228, Pages 344-356.

Montes J., Vargas E., Hoyos J., Palacio J., Acevedo J., Rojas G, Zartha J. (2017). Priority technologies and innovations in the fishing agribusiness by the year 2032. Foresight study through the Delphi method. *Revista la sallista de investigación* - Vol. 14 No 2, pages 105-120.

Mota F., Costa J., Barreto G. (2019). The Nile tilapia viscera oil extraction for biodiesel production in Brazil: An economic analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol 108, pages 1–10.

Mukundan M., Antony P., Nair M. (1986). A Review on Autolysis in Fish. *Fisheries Research* 4, pages 259-269.

New Jersey Department of health (2010). Hoja informativa de sustancias peligrosas. Ácido fórmico. Disponible en: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0948sp.pdf>

New Jersey Department of health (2016). Hoja informativa de sustancias peligrosas. Metano disponible en: <https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1202sp.pdf>

Nges I., Mbatia B., Björnsson L. (2012). Improved utilization of fish waste by anaerobic digestion following omega-3 fatty acids extraction. *Journal of environmental management* Volume 110, Pages 159-165.

Nollet L., Toldra F. (2011). *Handbook of analysis of Edible Animal By-Products*. USA.

Nørgaard J., Blaabjerg K., Poulsen H. (2012). Salmon protein hydrolysate as a protein source in feed for young pigs. *Animal Feed Science and Technology* Volume 177, Issues 1–2, Pages 124-129.

OCDE (2016). Pesca y acuicultura en Colombia. Colombia. Disponible en: https://www.oecd.org/colombia/Fisheries_Colombia_SPA_rev.pdf

Ochieng E., Wullur S., Sakakura Y., Hagiwara A. (2018). Composting fish wastes as low-cost and stable diet for culturing *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff (Rotifera): Influence on water quality and microbiota. *Aquaculture* 486 pages 232–239.

Observatorio de Complejidad Económica OEC (2020) Hígados, huevos y lechas comestibles, congelados. Disponible en: [https://oec.world/es/profile/hs/fish-livers-and-roes-frozen#:~:text=En%202020%2C%20los%20principales%20importadores,Bielorrusia%20\(%2428%2C8M\)](https://oec.world/es/profile/hs/fish-livers-and-roes-frozen#:~:text=En%202020%2C%20los%20principales%20importadores,Bielorrusia%20(%2428%2C8M).).

Observatorio Español de Acuicultura OESA (2013). El cultivo de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Madrid. Disponible en: https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/cuaderno_trucha_digital_web.pdf

Offer N., Husain R. (1987). Fish silage as a protein supplement for early-weaned calves. *Animal Feed Science and Technology* Volume 17, Issue 3, Pages 165-177.

Olley J., Thrower J. (1977). Abalone-an esoteric food. *Advances in Food Research*. Volume 23, Pages 143-186.

Ologhobo A., Balogun A., Bolarinwa B. (1988). The Replacement Value of Fish Silage for Fish Meal in Practical Broiler Rations. *Biological Wastes* 25, pages 117-125.

Olsen R., Toppe J. (2017). Fish silage hydrolysates not only a feed nutrient, but also a useful feed additive. *Trends Food Sci. Technol.* 66, pages 93–97.

Opheim M., Sterten H., Øverland M., Kjos N. (2016). Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein hydrolysate – Effect on growth performance and intestinal morphometry in broiler chickens. *Livestock Science*, Volume 187, Pages 138-145.

Opheim M., Slizyte R., Stertena H., Provanc F., Larssenc E., Kjos N, (2015). Hydrolysis of Atlantic salmon (*Salmo salar*) rest raw materials—Effect of raw material and processing on composition, nutritional value, and potential bioactive peptides in the hydrolysates. *Process Biochemistry* 50, pages 1247–1257.

Organización de las Naciones Unidas ONU (1987). Informe Brundtland Our Common Future. Noruega

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual OMPI. (2020) Almacenamiento sostenible: palés ecológicos hechos con tallos de flores. Disponible en: https://www.wipo.int/wipo_magazine/es/ip-at-work/2022/bioestibas.html

Orozco D., Molina C., Vasco C. (2018). Riesgo de desabastecimiento en la provisión de agua potable en grandes ciudades y políticas económicas ambientales híbridas. Disponible en: https://books.google.com.co/books/about/Riesgo_de_desabastecimiento_en_la_provis.html?id=-2p9DwAAQBAJ&redir_esc=y

Osorio M. (2015). Producción de harinas obtenidas a partir de coproductos de la industria del fileteado del pescado en Colombia. Universidad Nacional. Bogotá. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/48468/1/1018422052.2015.pdf>

Paredes P. (2014). Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial* 17(2), pag 72-80.

Parkin M. (2010) *Microeconomía versión para latinoamérica*. Novena edición Pearson, educación, México, 2010. Pag 8

Parra A., Acosta C., Andrade J., Guerra M. (2016). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos de las vísceras del cuy (*cavia porcellus*) y su uso potencial en alimentación animal. *Rev Med Vet Zoot.* 63(2), pag 124-134.

Parrado Y. (2012). Historia de la Acuicultura en Colombia. Colombia Huila. *Revista AquaTIC*, nº 37.

Paz M., Meneses J., López J. (2015) Digestibility of diets with flour fish silage for the growing of arawana (*Osteoglossum bicirrhossum*). Rev.MVZ Córdoba 21(1), pag 5177-5188.

Perea C. (2016). Evaluación nutricional de ensilajes de residuos de Trucha Arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en la alimentación de Tilapia Roja *Oreochromis spp.* Palmira-Colombia disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/56016/1/Crispulo_Perea_Roman-2016.pdf

Perea C., Hoyos J., Garcés Y., Muñoz L., Gómez J. (2017). Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal. Ciencia en Desarrollo, Vol. 8 No. 2, pag 39-50.

Perea C., Garcés J., Muñoz L., Hoyos J., Gómez J. (2018). Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *oreochromis spp.* Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol. 16 No 1. .

Pinzón L., Sánchez C. (2016). Aprovechamiento de las vísceras de pescado como fuente de energía para minimizar el problema de contaminación ambiental del sector piscícola. UNAD. Vol. 7, Núm. 2.

Prakash S., Ramasubburayan R., Iyapparaj P., Sankaralingam S., Palavesam A., Immanuel G. (2014). Optimization and partial purification of aprotease produced By selected bacterial strains grown on trash fish meal substrate and its antagonistic property against bacterial pathogens. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 3, pages 288–295.

ProChile (2017). Oportunidades para el Sector Pescados y Mariscos en Colombia.Chile

ProColombia (sf) Marcas y empresas colombianas que le apuestan a la economía circular. Disponible en: <https://www.colombia.co/paisajes-de-colombia/marcas-y-empresas-colombianas-que-le-apuestan-a-la-economia-circular/>

PRODUCE (2008). Guía para la actualización del plan de manejo ambiental para que los titulares de los establecimientos industriales pesqueros alcancen el cumplimiento de los límites máximos permisibles (Imp) aprobados por decreto supremo N° 010- 2008-PRODUCE. Perú. disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per90180anx.pdf>

Programa de Desarrollo con Identidad Regional entre España y Nariño DIRENA (2018). Plan estratégico y operativo del sector de la pesca artesanal del Pacífico nariñense. Programa de Desarrollo con Identidad Regional entre España y Nariño DIRENA 2016-2018.

Rabobank (2020). Rabobank Global Animal Protein Outlook 2020: Seeking Opportunities in an Uncertain World. Consultado el 7 de marzo de 2021. Disponible en: <https://www.rabobank.com/en/home/index.html?languageDoesNotExist=es>

Rabobank (2021). Global Animal Protein Outlook 2021: Emerging From a World of Uncertainty Consultado el 7 de marzo de 2021. Disponible en: <https://research.rabobank.com/far/en/sectors/animal-protein/AP-Outlook-2021.html>

Reyes M., Guardiola F., Rojas M., Ascencio F., Ángeles M. (2013). Dietary administration of microalgae *Navicula sp.* affects immune status and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata*) Fish & Shellfish Immunology Volume 35, Issue 3, Pages 883-889.

Reyes M., Angulo C., Estrada N., Murillo Y., Ascencio F. (2014). Dietary administration of microalgae alone or supplemented with *Lactobacillus sakei* affects immune response and intestinal morphology of Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) Fish & Shellfish Immunology 40, pages 208-216.

Rivero L., Viana M. (1996). Effect of pH, water stability and toughness of artificial diets on the palatability for juvenile abalone *Haliotis fulgens* Aquaculture Volume 144, Issue 4, Pages 353-362.

Rungruangsak K., Utne F. (1981). Effect of different acidified wet feeds on protease activities in the digestive tract and on growth rate of rainbow trout (*salmo gairdneri richardson*) Aquaculture 22, pages 67-79.

Russ W., Behmel U., Knirsch M., Penschke A., Schoberl H., Herdegen V. (1997). Aus Abfall Wert Schopfen – organischer Mull als Produktionsgrundlage. Lebensmitteltechnik 4, pages 46–50.

Russ W., Meyer R. (2004). Utilizing waste products from the food production and processing industries. Crit Rev Food Sci Nutr. Vol 44, pages 57-62.

Santana H., Avila E., Sotelo A. (2008). Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. Animal Feed Science and Technology 141, pages 129–140.

Saranya R., Jayapriya J., Tamil Selvi A. (2018). Purification, characterization, molecular modeling and docking study offi sh waste protease. International Journal of Biological Macromolecules 118, pages 569–583.

Schut M., Crielaard M., (2015). Circular Economy in the Dutch Construction Sector: A Perspective for the Market and Government Disponible en:

<http://www.rivm.nl/dsresource?objectid=806b288e-3ae9-47f1-a28f-7c208f884b36&type=org&disposition=inline>

Secretaría de planeación de Belmira (2015). Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 Por un Gobierno Igualitario, Responsable y Comprometido. Belmira. Colombia Disponible en: <http://www.belmira-antioquia.gov.co/planes/plan-de-desarrollo-20162019>

Segura P., Quiroga C. (2013). Elaboración de resúmenes analíticos de investigación de los trabajos de grado de la especialización en ingeniería ambiental de la Universidad de la Sabana para el periodo (2003-2007).

Sierra L., Sepúlveda C., Vásquez P., Figueroa O., Zapata J. (2018). Byproducts of aquaculture processes: development and prospective uses. Review. Revista de la facultad de ciencias farmacéuticas y alimentarias. Volumen 25 número 3.

Siewe B., Ekorong F., Karkal S., Catherine M., Kudre T. (2019). Green and innovative techniques for recovery of valuable compounds from seafood by-products and discards: A review. Trends in Food Science & Technology 85, pages 10–22.

Shahidi F., Nacz M., Pegg R., Synowiecki R (1991). Chemical Composition and Nutritional Value of Processing Discards of Cod (*Gadus morhua*) Food Chemistry 42, pages 145-151.

Shahidi F., Kamil Y. (2001). Enzymes from fish and aquatic invertebrates and their application in the food industry. Trends in Food Science & Technology 12, pages 435–464.

Shahidi F. (2007). Maximising the Value of Marine By-Products. 1st Edition.

Slizyte R., Dauksasa E., Falcha E., Storrøa, I., Rustadb T. (2005). Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (*Gadus morhua*) by-products. Process Biochemistry 40, pages 1415–1424.

Soares J., Silva F., Gonçalves A., Coelho M. (2019). Tilapia processing waste silage (TPWS): An alternative ingredient for *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) diets in biofloc and clear-water systems. Aquaculture and Fisheries Volume 4, Issue 5, Pages 214-218.

Stewart R., Tangarone D. (1997). Water quality investigation related to seafood processing waste water discharges at Dutch Harbor, Alaska. USA

Stone F., Hardy R., Shearer K., Scott T. (1989). Utilization of Fish Silage by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Aquaculture 76, pages 109-118.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2013). Evaluación integral de gestión del prestador. Disponible en: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarill>

ado%20y%20aseo/Peque%C3%B1os%20prestadores/2018/Sep/2013empresaspublicas debelmiraesp.pdf

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2018). Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos 2017. Bogotá Disponible en: https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf

Tatterson I. (1982). Fish silage -- preparation, properties and uses. *Animal Feed Science and Technology* 7, pages 153—159.

Terra V., Legemann M., de Souza A., Almeida L. (2010). Production and refinement of oil from carp (*Cyprinus carpio*) Viscera. *Food Chemistry* Volume 119, Issue 3, Pages 945-950.

The Marine Ingredients Organisation IFFO (sf) El último informe de IFFO muestra una mayor producción de harina de pescado. disponible en: <https://millingandgrain.co/entrada/el-ultimo-informe-de-iffo-muestra-una-mayor-produccion-de-harina-de-pescado-54073>

Tocher D, Mourente G, Sargent J. (1997). The use of silages prepared from fish neural tissues as enrichers for rotifers (*Brachionus plicatilis*) and Artemia in the nutrition of larval marine fish. *Aquaculture* 148, pages 213-231.

Tonini D., Martinez-Sanchez V., Astrup T. (2013). Material resources, energy, and nutrient recovery from waste: are waste refineries the solution for the future? *Environ. Sci. Technol.*, 47 (15) pages 8962-8969.

Toyes E., Robles-Romo A., Méndez L., Palacios E, Civera R. (2016). Changes in fatty acids, sterols, pigments, lipid classes, and heavy metals of cooked or dried meals, compared to fresh marine by-products. *Animal Feed Science and Technology* Volume 221, Part A, Pages 195-205.

Triciclos (2018). Reporte sustentabilidad. Disponible en: https://triciclos.net/wp-content/uploads/2019/11/Reporte_Sustentabilidad_TriCiclos_2018.pdf

Umata de Belmira (2022). Comunicación verbal. Belmira Antioquia.

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME (2015). Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia. Ministerio de minas y energía. Bogotá.

Universidad de Antioquia. Grupo de Macroeconomía Aplicada de la Universidad de Antioquia (2020). Belmira, Guía base para la reactivación económica. Disponible en: <https://portal.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/bcae089e-53c7-4663-9f1d-0c396c3b5be2/78.+Belmira.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nak.kUF#:~:text=El%20PIB%20para%202018%20de%20Belmira%20es,cercano%20a%20los%20153%20mil%20millones%20de%20pesos>

Valério L., Zeoula L., Vidotti R., Matsushita M., Kazama R, Caldas S, Fereli F. Chemical characterization (2007). Dry matter and crude protein ruminal degradability and in vitro intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue. *Animal Feed Science and Technology* 136, pages 226–239.

Van 't Land M., Vanderperren E., Raes K. (2017). The effect of raw material combination on the nutritional composition and stability of four types of autolyzed fish silage. *Animal Feed Science and Technology* 234, pages 284–294

Vargas O., Velasco P. (2011). Reviviendo Nuestro Páramos: Restauración Ecológica de Páramos. Proyecto Páramo Andino. 183 p.

Vázquez J., González M., Murado M. (2004). Peptones from autohydrolysed fish viscera for nisin and pediocin production, *Journal of Biotechnology*, Volume 112, Issue 3, Pages 299-311.

Vázquez J., Docasal S., Prieto M., González M., Murado M. (2008). Growth and metabolic features of lactic acid bacteria in media with hydrolysed fish viscera. An approach to bio-silage of fishing by-products, *Bioresource Technology*, Volume 99, Issue 14, Pages 6246-6257.

Vázquez J., Nogueira M., Durán A., Prieto M., Rodríguez-Amado I., Rial D., González M., Murado M. (2011). Preparation of marine silage of swordfish, ray and shark visceral waste by lactic acid bacteria, *Journal of Food Engineering*, Volume 103, Issue 4, Pages 442-448.

Vásquez S. (2015) Estudio del proceso de ensilaje de vísceras de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) utilizando el método químico y el biológico con melaza y suero lácteo como sustrato. Medellín-Colombia. Disponible en: http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/9460/1/VasquezSergio_2017_Estudioprocesoensilaje.pdf

Viana M., Cervantes M., Solana R. (1994). Attraction and palatability activities in juvenile abalone (*Haliotis fulgens*): nine ingredients used in artificial diets Aquaculture Volume 127, Issue 1, Pages 19-28.

Vida gas (2021). Tarifaria General del servicio de GLP. <https://www.vidagas.co/wp-content/uploads/2021/04/Vidagas-15-de-marzo-1.pdf>

Villamil O., Váquiro H., Solanilla J. (2017). Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties, Food Chemistry, Volume 224, Pages 160-171.

Vinagre J. Rodríguez A., Larraín M., Aubourg S. (2011). Chemical composition and quality loss during technological treatment in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) Food Research International 44, pages 1–13.

Wilson J., Hayes M., Carney B. (2011). Angiotensin-I-converting enzyme and prolyl endopeptidase inhibitory peptides from natural sources with a focus on marine processing by-products Food Chemistry Volume 129, Issue 2, Pages 235-244.

Wu T., Bechtel P. (2008). Salmon by-product storage and oil extraction Food Chemistry 111, pages 868–871.

Yahyaee B. (2013). Waste fish oil biodiesel as a source of renewable fuel in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews Volume 17, Pages 312-319.

Yáñez E., Gualdrón M. (2010). Metodología para la identificación y cuantificación de emisiones fugitivas de metano en campos de producción. Colombia.

Yañes E., Gualdrón M. (2014). Metodología para la identificación y cuantificación de emisiones fugitivas de metano en campos de producción. Piedecuesta – Santander.

Yumbra S. (2017). Residuos de trucha arcoíris alimentan tilapia roja. UN Periódico Digital. Palmira Colombia. Disponible en <https://unperiodico.unal.edu.co/pages/detail/residuos-de-trucha-arcoiris-alimentan-tilapia-roja/>

Zapata J., Giraldo D., Baéz A. (2018). Kinetic modeling of the enzymatic hydrolysis of proteins of visceras from red tilapia (*Oreochromis sp.*): effect of substrate and enzyme concentration. Vitae vol.25 no.1 Medellín.

Zapata J., Moya M., Figueroa O., (2019). Hidrólisis Enzimática de la Proteína de Vísceras de Trucha Arco Íris (*Oncorhynchus mykiss*): Efecto del tipo de Enzima, Temperatura, pH y Velocidad de Agitación. *Información tecnológica*, 30(6), pag 63-72.

Zarkadas I., Dontis G., Pilidis G., Sarigiannis D. (2016). Exploring the potential of fur farming wastes and byproducts as substrates to anaerobic digestion process. *Renewable Energy*, v. 96, pages 1063-1070.

12 Anexos

Listado de artículos revisados

Nombre del artículo	Año de publicación	Enfoque (Nutricional, Económico, Ambiental, Salud Humana, otros)
Combined biocatalytic conversion of smooth hound viscera: Protein hydrolysates elaboration and assessment of their antioxidant, anti-ACE and antibacterial activities	2016	Salud humana
Digestive aspartic proteases from sábalo (<i>Prochilodus lineatus</i>): Characterization and application for collagen extraction	2018	Económico
A review of lipid extraction from fish processing by-product for use as a biofuel	2014	Económico
A heat-stable trypsin from the hepatopancreas of the cuttlefish (<i>Sepia officinalis</i>): Purification and characterisation	2009	Nutricional
A Review on Autolysis in Fish	1986	Nutricional
Applications of crossflow membrane technology in the fishing industry	1985	Económico
Abalone-an esoteric food	1977	Nutricional
Health benefits and food applications of bioactive compounds from fish byproducts: A review	2017	Salud humana
Activity of digestive enzymes along the gut of juvenile red abalone, <i>Haliotis rufescens</i> , fed natural and balanced diets	2006	Nutricional
Waste biorefinery in arid/semi-arid regions	2016	Ambiental
Antioxidant properties of Salmon (<i>Salmo salar</i>) protein hydrolysate and peptide fractions isolated by reverse-phase HPLC	2013	Nutricional
Towards sustainable and efficient use of fishery resources: present and future trends	2007	Económico
The influence of dietary lipid source and alpha-tocopheryl acetate level on product quality of rainbow trout (<i>salmo gairdneri</i>)	1985	Calidad
Methods of extraction, refining and concentration of fish oil as a source of omega-3 fatty acids	2018	Económico
Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory activities of sardinelle (<i>Sardinella aurita</i>) by-products protein hydrolysates obtained by treatment with microbial and visceral fish serine proteases	2008	Salud Humana (biomoléculas)
Fish waste: an efficient alternative to biogas and methane production in an anaerobic mono-digestion system	2019	Económico

Biomethane from fish waste as a source of renewable energy for artisanal fishing communities	2019	Ambiental
Recovery of protein, chitin, carotenoids and glycosaminoglycans from Pacific white shrimp (<i>Litopenaeus vannamei</i>) processing waste	2012	Económico
Stabilization of poultry processing by-products and poultry carcasses through direct chemical acidification	1995	Nutricional-Económico
Biosynthesis of L-lysine by <i>Corynebacterium glutamicum</i> grown on fish silage	2000	Económico (extracto para crecimiento bacteriano)
Anticancer and cancer preventive compounds from edible marine organisms	2017	Salud humana (biomoléculas)
Production and refinement of oil from carp (<i>Cyprinus carpio</i>) viscera	2010	Salud humana
Aprovechamiento de residuos de trucha arco iris <i>Oncorhynchus mykiss</i> : uso de tecnologías limpias para la extracción de aceite	2014	Nutricional
Atlantic dogfish silage vs. Herring silage in diets for Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>): growth and sensory evaluation of fillets	1994	Nutricional
Physicochemical and sensory characterization of refined and deodorized tuna (<i>Thunnus albacares</i>) by-product oil obtained by enzymatic hydrolysis	2016	Calidad
Effect of feeding hens trout by-product meal or tuna @ sh oil on production parameters and yolk fatty acid pro® leª	2011	Salud humana
Atlantic salmon(<i>Salmo salar</i>) proteinhydrolysate – Effect on growth performance intestinal morphometry in broiler chickens	2016	Nutricional
Characteristics of Slaughterhouse By-products Preserved by Pickling with Inorganic Acids	1986	Económico
Attraction and palatability activities in juvenile abalone (<i>Haliotis fulgens</i>) : nine ingredients used in artificial diets	1994	Nutricional
Oil from the acid silage of Nile tilapia waste: Physicochemical characteristics for its application as biofuel	2015	Económico-ambiental
Autolysed fish silage as a feed ingredient for atlantic salmon (<i>salmo salar</i>)	1992	Nutricional
Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, <i>Oreochromis spp.</i>	1999	Económico-nutricional
Autolysis and rancidity development in tropical freshwater fish viscera during fermentation	1996	Nutricional
Autolysis-Resistant Sediment in Fish Silage	1986	Nutricional
Autolytic degradation of chicken intestinal proteins	2005	Nutricional

Incorporation of fish by-product into the semi-continuous anaerobic co-digestion of pre-treated lignocellulose and cow manure, with recovery of digestate's nutrients	2014	Ambiental
Biotransformation of fish waste into a stable feed ingredient	1997	Nutricional
Changes in fatty acids, sterols, pigments, lipid classes, and heavy metals of cooked or dried meals, compared to freshmarine by-products	2016	Nutricional
Chemical and microbial changes in fish viscera during fermentation ensiling at different temperatures	1997	Nutricional
Chemical and nutritional quality of fermented fish silage containing potato extracts, formalin or ginger extracts	1994	Nutricional
Chemical and nutritional quality of raw, cooked and salted fish silages	1993	Nutricional
Chemical and nutritional quality of stored fermented fish (tilapia) silage	1993	Nutricional
Chemical and Nutritive Characteristics of Fish Silage Produced by Biological Fermentation*	1987	Nutricional
Chemical characterization, dry matter and crude protein ruminal degradability and in vitro intestinal digestion of acid and fermented silage from tilapia filleting residue	2007	Nutricional
A biotechnological process for the valorization of fish waste	1994	Económico (Ensilaje)
Chemical Composition and Nutritional Value of Processing Discards of Cod (<i>Gadus morhua</i>)	1991	Nutricional
Valorisation of natural extracts from marine source focused on marine by-products: A review	2010	Económico
Physicochemical characterization of oil extraction from fishing waste for biofuel production	2019	Ambiental-Económico
Utilization of Salmon Farm Mortalities: Fish Silage	1992	Económico
Citric-acid-ensiled poultry viscera as protein supplement for catfish (<i>clarias gariepinus</i>)	1996	Nutricional
Enzymic Processing of Marine Raw Materials	1993	Económico
Recovery of Proteinases and Protein Hydrolysates from Fish Viscera	1992	Económico
Dietary administration of microalgae alone or supplemented with <i>Lactobacillus sakei</i> affects immune response and intestinal morphology of Pacific red snapper (<i>Lutjanus peru</i>)	2014	Nutricional
Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (<i>oreochromis spp</i>) en alimentación de pollos de engorde	2014	Nutricional-económica

The inclusion of fish silage in <i>Litopenaeus vannamei</i> diets and rearing systems (biofloc and clear-water) could affect the shrimp quality during subsequent storage on ice?	2019	Calidad
Dietary administration of microalgae <i>Navicula</i> sp. Affects immune status and gene expression of gilthead seabream (<i>Sparus aurata</i>)	2013	Nutricional
Screening of lactic acid bacteria for fermentation of minced wastes of Argentinean hake (<i>Merluccius hubbsi</i>)	2012	Tecnológico
Digestibilidad aparente de la harina de vísceras de pollo y harina de pescado en juveniles de <i>Piaractus brachypomus</i> Cuvier 1818	2012	Nutricional
Exploitable fish waste and stranded beach debris in the Emilia-Romagna Region (Italy)	2018	Económico
Digestibilidad aparente de materia seca, proteína y energía de harina de vísceras de pollo, quinua y harina de pescado en tilapia nilótica, <i>Oreochromis niloticus</i>	2011	Nutricional
Digestibilidad de dietas con harina de hidrolizado de pescado, para el levante de arawana (<i>Osteoglossum bicirrhossum</i>)	2015	Nutricional
Effect of different acidified wet feeds on protease activities in the digestive tract and on growth rate of rainbow trout (<i>salmo gairdneri richardson</i>)	1981	Nutricional
Effect of different levels of molasses, salt and antimycotic agents on microbial profiles during fermentation of poultry intestine	1997	Nutricional
Functional and bioactive properties of fish protein hydolysates and peptides: A comprehensive review	2016	Salud humana-tecnología alimenticia
Effect of artificial ph, water stability and toughness of diets on the palatability for juvenile abalone <i>Haliotis julgens</i>	1996	Nutricional
Effects of starvation and dietary lipid on the lipid and fatty acid composition of muscle tissue of juvenile green abalone (<i>Haliotis fulgens</i>)	2004	Nutricional
Biological Fermentation of Fish Waste for Potential Use in Animal and Poultry Feeds	1986	Económico
Estimation of protein digestibility-II. 1, vitro assay of protein in salmonid feeds	1994	Nutricional
Hidrolizados de pescado – producción, beneficios y nuevos avances en la industria. -Una revisión	2017	Salud humana
Potential of tilapia oil and waste in biodiesel production	2015	Económico-ambiental
Approach for modelling anaerobic digestion processes of fish waste	2018	Económico
Enzymatic hydrolysis of Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i> L.) Viscera	2004	Económico

Evaluation of different cod viscera fractions and their seasonal variation used in a growth medium for lactic acid bacteria	2007	Nutricional
Evaluation of scallop viscera silage as a highprotein feedstuff for growing-finishing swine	1990	Nutricional
Examination of Stability, and its Effect on the Nutritive Value, of Fish Silage in Diets for Growing Pigs	1988	Nutricional
Fish silage -- preparation, properties and uses	1982	Nutricional
A review of bio-oils from waste biomass: Focus on fish processing waste	2012	Económico
Biofuels from fish processing plant effluents – waste characterization and oil extraction and quality	2013	Económico
Fish silage as a dietary ingredient for salmon. I. Nutritional and storage characteristics	1984	Nutricional
Fish Silage as a Protein	1997	Nutricional
Fish Silage as a Protein Supplement for Early- Weaned Calves	1987	Nutricional
Optimization and characterization of hydrochar produced from microwave hydrothermal carbonization of fish waste	2017	Ambiental
Fish silage oil from rainbow trout processing waste as alternative to conventional fish oil in formulated diets for Mozambique tilapia <i>Oreochromis mossambicus</i>	2014	Nutricional
Bioactive compounds from marine processing byproducts – A review	2006	Económico
Growth and Chemical Composition of Adult Atlantic Salmon (<i>Salmo salar</i>) Fed Dry and Silage-Based Diets	1988	Nutricional
Effect of fermentation ensilaging on recovery of oil from fresh water fish viscera	2010	Económico
Post-mortem changes in viscera of cuttlefish <i>Sepia officinalis</i> L. During storage at two different temperatures	2006	Calidad
Composting of fish wastes in a full-scale in vessel system	1996	Económico
Growth and protein utilization by juvenile catfish (<i>Clarias gariepinus</i>) fed dry diets containing co-dried lactic-acid-fermented fish silage and protein feedstuffs	1995	Nutricional
Growth and protein utilization by juvenile catfish (<i>Clarias gariepinus</i>) fed moist diets containing autolysed protein from stored lactic acid-fermented fish-silage	1994	Nutricional
Silage Production from Salmon Farm Mortalities	1993	Tecnológico
Growth of abalone <i>Haliotis fulgens</i> fed diets with and without fish meal, compared to a commercial die	1998	Nutricional
Growth of young rats on diets based on fish silage with different degrees of hydrolysis	1992	Nutricional
General review of fish protein hydrolysates	1982	Económico


Lactic acid fermentation-aided biomass conversion	1996	Económico
Growth, survival and physiological condition of <i>Octopus maya</i> when fed a successful formulated diet	2014	Nutricional
Hydrolysates from Atlantic cod (<i>Gadus morhua</i> L.) Viscera as components of microbial growth media	2005	Nutricional
Hydrolysis of Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i>) rest raw materials—Effect of raw material and processing on composition, nutritional value, and potential bioactive peptides in the hydrolysates	2015	Nutricional
Comparative characterization of biogenic and chemical synthesized hydroxyapatite biomaterials for potential biomedical application	2019	Salud humana
Priority technologies and innovations in the fishing agribusiness by the year 2032. Foresight study through the Delphi method ¹	2017	Económico
The Nile tilapia viscera oil extraction for biodiesel production in Brazil: An economic analysis	2019	Económico
Lactic acid bacteria in fish: a review	1998	Nutricional
Nutrient absorption and growth of Atlantic salmon, <i>Salmo salar</i> L./ fed fish protein concentrate.	1999	Nutricional
Improved utilization of fish waste by anaerobic digestion following omega-3 fatty acids extraction	2012	Económico
Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: A review	2018	Económico
Composting fishwastes as low-cost and stable diet for culturing <i>Brachionus rotundiformis</i> Tschugunoff (Rotifera): Influence on water quality and microbiota	2018	Económico
On-farm production of liquefied catfish protein	1984	Nutricional
High temperature CO ₂ capture of hydroxyapatite extracted from tilapia scales	2017	Ambiental
Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of Catla (<i>Catla catla</i>) for preparing protein hydrolysate using a commercial protease	2008	Nutricional
The Replacement Value of Fish Silage for Fish Meal in Practical Broiler Rations	1988	Nutricional-Económico
Performance of Broiler Chicks Fed on Low and High Oil Fish Silages in Relation to Changes Taking Place in Lipid and Protein Components	1990	Nutricional
Pink shrimp (<i>P. Brasiliensis</i> and <i>P. Paulensis</i>) residue: Supercritical fluid extraction of carotenoid fraction	2013	económico
Preparation and nutrient analyses of lactic acid bacterial ensiled salmon viscera	1993	Nutricional

Obtencion de un alimento extruido para tilapia roja(<i>Oreochromis spp</i>)utilizando ensilaje biologico de pescado	2011	Otros (tecnológicos)
Preparation of silage from Spanish mackerel (<i>Scomberomorus maculatus</i>) and its evaluation in broiler diets	2008	Nutricional
Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de <i>Oreochromis spp</i>	2018	Económico
Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal	2017	Nutricional-ambiental
Evaluacion del ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentacion de tilapia roja(<i>Oreochromis spp</i>)	2011	Nutricional-Económico
Optimization and partial purification of aprotease produced by selected bacteria lstrains grown on trash fish meal substrate and its antagonistic property against bacterial pathogens	2014	Económico
Preservation of crab or shrimp waste as silage for cattle	1996	Nutricional
Process for recycling slaughterhouses wastes and by-products by fermentation	1998	Nutricional
Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review	2015	Nutricional (salud animal)
Rainbow trout silage oil as immunity enhancing feed ingredient in formulated diets for South African abalone <i>Haliotis midae</i>	2014	Nutricional
Silo de vísceras de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) como suplemento en alimentación de ovinos	2018	Nutricional
Slaughterhouse By-products Preserved by <i>Lactobacillus plantarum</i> Fermentation as Feed for Mink and Foxes	1988	Nutricional
Squid as Feed for Salmonids	1987	Nutricional
Purification, characterization, molecular modeling and docking study of fish waste protease	2018	Económico
Enzymes from fish and aquatic invertebrates and their application in the food industry	2001	Económico
Supplemented feed with biological silage of fish-processing wastes improved health parameters and weight gain of mice	2018	Nutricional
The effect of raw material combination on the nutritional composition and stability of four types of autolyzed fish silage	2017	Nutricional
Byproducts of aquaculture processes: development and prospective uses. Review	2018	Económico (biomoléculas)
Green and innovative techniques for recovery of valuable compounds from seafood by-products and discards: A review	2019	Económico
The effects of protein hydrolysates on the immunity and growth of the abalone <i>Haliotis midae</i>	2014	Nutricional

The nutritional properties of co-dried fish silage in rainbow trout (<i>salmo gairdneri</i>) dry diets	1984	Nutricional
The stability of silage from fish mortalities	1992	Nutricional
The use of silage made from fish and abalone viscera as an ingredient in abalone feed	1996	Nutricional
The use of silages prepared from fish neural tissues as enrichers for rotifers (<i>Brachionus plicatilis</i>) and <i>Artemia</i> in the nutrition of larval marine fish	1997	Nutricional
The utilization by broiler chickens of poultry offal hydrolysed in formic acid	1984	Nutricional
Thiaminase activity in fish silage and moist fish feed	1985	Nutricional
Tilapia processing waste silage (TPWS): An alternative ingredient for <i>Litopenaeus vannamei</i> (Boone, 1931) diets in biofloc and clear-water systems	2019	Nutricional
Growth and metabolic features of lactic acid bacteria in media with hydrolysed fish viscera. An approach to bio-silage of fishing by-products	2008	Económico
Total Volatile Nitrogen - a Quality Criterion for Fish Silage?	1989	Nutricional
Tuna byproducts as a fish-meal in tilapia aquaculture	2019	Nutricional
Peptones from autohydrolysed fish viscera for nisin and pediocin production	2004	Económico
Mathematical tools for objective comparison of microbial cultures Application to evaluation of 15 peptones for lactic acid bacteria productions	2008	Económico
Bio-silage of mussel work-processing wastes by lactobacilli on semi-solid culture	2010	Ambiental
Preparation of marine silage of swordfish, ray and shark visceral waste by lactic acid bacteria	2011	Económico
Utilization of Fish Silage by Rainbow Trout (<i>Salmo gairdneri</i>)	1989	Nutricional
Water Stability, Nutrient Leaching and Nutritional Properties of Moist Fermented Fish Silage Diets	1995	Nutricional
Yield and composition of different fractions obtained after enzymatic hydrolysis of cod (<i>Gadus morhua</i>) by-products	2005	Nutricional
Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties	2017	Económico
The effect of heat and low ph on selected viral and bacterial fish pathogens	1994	Salud animal
Angiotensin-I-converting enzyme and prolyl endopeptidase inhibitory peptides from natural sources with a focus on marine processing by-products	2011	Salud humana

Efectt of temperatura, anaerobiosis, stirring and salt adition on natural fermentation silage of sardine and sardine wastes in sugar cane molasses	2001	Económico
Kinetic modeling of the enzymatic hydrolysis of proteins of visceras from red tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>): effect of substrate and enzyme concentration	2018	Bioquímico
Exploring the potential of fur farming wastes and byproducts as substrates to anaerobic digestion process	2016	Económico
In vitro antioxidant activity of enzymatic hydrolysates prepared from abalone (<i>Haliotis discus hannai Ino</i>) viscera	2012	Salud humana

Anexo 2 solicitud de información a la AUNAP

	Proceso de Gestión Jurídica	Código: FT-GJ-003
	Formato Respuesta a Derechos de Petición	Versión: 1
		Vigencia desde: 02/04/2020

AUNAP DRME 00138

Bello,

Señor

JULIÁN ESTRADA LOAIZA

Ingeniero Acuicola

Candidato a Magíster en Agronegocios

Correo electrónico: jestrada loaiza@gmail.com

Medellín



Fecha: 2022-06-03 11:53:55
Radicado: E2022DRME000110
No Fojos: 3



Remite: EDWIN MARTIN MUÑOZ DIAZ
Destinatario: JULIAN ESTRADA LOAIZA
Asunto: RESPUESTA PGRSD E2022DRME00024

Asunto: **RESPUESTA AL RADICADO E2022DRME000241**

Respetado Sr. Estrada Loaiza,


En atención a su solicitud con el radicado **E2022DRME000241**, **LA AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP)**, brinda respuesta dentro de los términos legales a su solicitud de acuerdo con la misionalidad y funciones administrativas establecidas, en los siguientes términos.

1. *"Muy buenos días, cordial saludo primero que nada me presento, mi nombre es Julián Estrada Loaiza cc: 1045514846, ingeniero acuicola de la universidad de Antioquia, actualmente desempleado y cursante de la tesis de maestría en agronegocios de la misma universidad, la presente es para solicitar información que se me hace necesaria para mi tesis de maestría, la cual es referente a el impacto de la actividad de la truchicultura en el municipio de Belmira-Antioquia. Por lo tanto hasta donde sea posible solicito cordialmente la siguiente información ¿cuál es la producción total de trucha en Belmira? ¿Cuál es la Cantidad de productores? Cuánto se produce desde la asociación de truchicultores de Belmira (asotrubel), (cantidad de asociados, unidades productivas y producción total) ¿Cuánto es la participación de la acuicultura en Belmira respecto a Antioquia y a Colombia?"*

De manera atenta, esta Autoridad se permite informar la siguiente respuesta:

2. En respuesta a este, se informa que la **LA AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUNAP)** y en específico la Regional Medellín, no cuenta con información estadística de producción para la zona del municipio de Belmira Antioquia, pues nuestro sistema estadístico pesquero "SEPEC" no cuenta con punto de muestreo de comercialización para esta zona.

La información secundaria de producción para la zona, posiblemente puede ser contenida en los registros de productores del municipio de Belmira, o a través de la Organización ASOTRUBEL de dicha localidad.

	Proceso de Gestión Jurídica	Código: FT-GJ-003
		Versión: 1
	Formato Respuesta a Derechos de Petición	Vigencia desde: 02/04/2020

Actualmente la AUNAP cuenta con un registro del 2% del total de los productores piscícolas del país, por lo cual no podríamos darle el valor aproximado de la producción de truchas en el municipio de Belmira Antioquia y no podría compararse con respecto a la producción total en Antioquia y Colombia, más cuando no contamos con información al día de estanques en producción.

En cuanto a posibles fuentes informativas con datos generales de la actividad acuícola, se recomienda verificar información de interés de las siguientes páginas:

- Servicio Estadístico Pesquero Colombiano – SEPEC
- Anuario Estadístico de Antioquia
- Página de la Federación Colombiana de Acuicultura - Fedeaqua



En estos términos se da respuesta al derecho de petición formulado.

Atentamente,



EDWIN MARTÍN MUÑOZ DÍAZ
Director Regional Medellín (E)

Anexos: PQRSDE2022DRME000241

Proyectó: Yucellys Daniel Lemus. Contratista Regional Medellín 
 Revisó: Edgar Octavio Dávila. Profesional Especializado 
 Vo.Bo: Laura Garcés Builes. Contratista Regional Medellín 