



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO
DE VÍSCERAS DE TRUCHA OBTENIDAS DE LAS UNIDADES
PISCÍCOLAS DEL MUNICIPIO DE SONIÓN.**

Karen Yulieth Ospina Ortiz

**Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química
El Carmen de Viboral, Colombia**

2021



Formulación de alternativas para el aprovechamiento de vísceras de trucha obtenidas de las unidades piscícolas del municipio de Sonsón.

Karen Yulieth Ospina Ortiz

Informe de práctica como requisito para optar al título de:

Ingeniera Bioquímica

Asesores (a):

León Felipe Toro Navarro,
Ing. Qco., Ph.D.

Alexander Orozco Gómez,
Secretario de Asistencia Rural y Medio Ambiente.

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química
El Carmen de Viboral, Colombia
2021

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	3
Introducción	4
1. Objetivos	5
1.1 Objetivo general	5
1.2 Objetivos específicos	5
2. Marco Teórico	6
3. Metodología	8
3.1 Visitas de caracterización a las unidades piscícolas y encuestas de diagnóstico sobre las condiciones socioeconómicas de los productores piscícolas.	8
3.2 Revisión bibliográfica	8
3.3 Formulación de tres propuestas innovadoras y sostenibles para el aprovechamiento de los subproductos originados en las unidades piscícolas.	8
4. Discusión y análisis de resultados	10
4.1 Caracterización y diagnóstico de las unidades piscícolas del municipio.	10
4.2 Revisión bibliográfica	13
4.2.1 Caracterización fisicoquímica de las vísceras	13
4.2.2 Posibles alternativas	13
4.3 Formulación de alternativas	14
4.3.1 Procesos técnicos y metodológicos de las alternativas	14
4.3.1.1 Alternativa 1. Producción de biogás.	14
4.3.1.2 Alternativa 2. Elaboración de biofertilizante.	17
4.3.1.3 Alternativa 3. Extracción de aceite.	19
4.3.2 Análisis de la factibilidad en la región	20
5. Conclusiones	22
6. Recomendaciones	23
Referencias Bibliográficas	24
Anexos	26

Resumen

La generación de residuos piscícolas en Colombia y el mundo ha aumentado significativamente debido al incremento de la demanda alimenticia de la población. El procesamiento de carne de pescado genera alrededor del 60% del peso del pescado entero entre huesos, piel, cabeza y vísceras, por lo que la disposición final de estos desechos está ocasionando daños ambientales irreversibles para la biodiversidad tales como: contaminación a las fuentes hídricas, degradación de los suelos y el aumento de gases de efecto invernadero. Sonsón, al contar con condiciones agroecológicas apropiadas para actividades acuícolas (temperatura y recursos hídricos), cultiva y comercializa la trucha como especie principal en las unidades piscícolas, gracias a que habita normalmente en aguas frías y limpias de ríos y lagos; esto ha contribuido a que la piscicultura se convierta en una fuente económica considerable para el municipio. Es por esta razón que se evidenció un interés en el aprovechamiento de los residuos biológicos generados en el beneficio de la trucha para obtener productos de valor y así evitar que se siga avanzando en el daño ambiental. Mediante el desarrollo de este trabajo, se formularon tres alternativas de aprovechamiento con carácter técnico para resolver la problemática de disposición final de subproductos piscícolas, con base a la información recolectada en la caracterización de las unidades productivas piscícolas que ejercen la actividad en el municipio de Sonsón y el diagnóstico de las condiciones socioeconómicas de las mismas. Se realizó una revisión bibliográfica de alternativas novedosas y sostenibles y su posterior análisis de factibilidad en la región con el propósito de asegurar la viabilidad ambiental, social y económica en el municipio.

Palabras claves: Procesamiento de carne de pescado, Piscicultura, actividades acuícolas, protección del medio ambiente, aprovechamiento de residuos biológicos.

Introducción

En la actualidad, el aprovechamiento de residuos de diferentes áreas económicas en el mundo ha tenido un crecimiento significativo debido al interés en evitar el deterioro al medio ambiente. Por su parte, la biotecnología ha contribuido notablemente en la transformación de modelos de negocios convencionales en modelos circulares más eficientes que, dando valor agregado a muchos de los residuos/desechos generados, contribuyen a la disminución del impacto ambiental al tiempo que se benefician las diferentes comunidades mediante la generación de nuevos empleos, transformación de materia prima, zonas libres de residuos, entre otros [1].

En Colombia, la generación de subproductos en el procesamiento de alimentos crudos aumenta en razón a la demanda alimenticia de una población creciente. En el caso de la producción pesquera, ésta ha contribuido al incremento en la propagación de residuos biológicos, debido a los procesos de beneficio del pescado como son: eliminación de huesos, piel, cabeza y vísceras lo que representa aproximadamente el 60-70% del peso del pescado entero, éstas últimas constituyen sólo el 11% del animal [2]. Adicionalmente, la disposición de dichos subproductos provoca graves problemas ambientales, pues su disposición -en la mayoría de los casos- consiste en la eliminación a través de fosas comunes, ocasionando con esto, malos olores, presencia de roedores, daño al suelo, subsuelo y fuentes hídricas cercanas.

Finalmente, tomando en consideración que, el aprovechamiento de los residuos orgánicos (biomasas) constituye una importante alternativa para la recuperación de nutrientes y compuestos orgánicos, así como, contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero provocados por la disposición en el suelo, o cuerpos de agua [3], mediante este trabajo, se propone formular diferentes alternativas innovadoras y sostenibles para el aprovechamiento de los residuos biológicos piscícolas de trucha arcoíris del municipio de Sonsón. La metodología a seguir incluyó la identificación y caracterización preliminar de las zonas de influencia del residuo y de las unidades productivas, una búsqueda bibliográfica de los procedimientos técnicos que pueden usarse y finalmente la escogencia de las alternativas

más viables que de implementarse eventualmente redundaría en la apropiación social del conocimiento de las comunidades del municipio además de la inherente mitigación del daño ambiental en comparación de la disposición tradicional de los residuos.

1. Objetivos

1.1. Objetivo general

Formular posibles alternativas innovadoras y sostenibles para el aprovechamiento de los subproductos obtenidos en el beneficio de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) provenientes de las unidades piscícolas del municipio de Sonsón.

1.2. Objetivos específicos

- Desarrollar un diagnóstico general sobre la disposición final de los residuos biológicos generados en el beneficio de la trucha arcoíris en las unidades piscícolas del municipio de Sonsón.
- Realizar una búsqueda bibliográfica sobre las posibles alternativas de aprovechamiento y la caracterización físico química de los residuos biológicos generados en el beneficio de la trucha arcoíris.
- Proponer los procedimientos técnicos y de apropiación para el aprovechamiento sostenible de residuos biológicos generados en las unidades piscícolas del municipio de Sonsón.

2. Marco Teórico

El municipio de Sonsón está ubicado en el suroriente del departamento de Antioquia y cuenta con una superficie de 1323 Km², posee una enorme riqueza natural tanto en flora como en fauna, y gracias a sus condiciones agroecológicas permite aprovechar su biodiversidad para la realización de actividades productivas en las áreas agrícolas y pecuarias. Las actividades agrícolas en los últimos años, han estado encaminadas al cultivo del café, higo, caña panelera y aguacate, así también, productos como la fresa, la guanábana, la granadilla, el limón, la papa, el frijol, la arveja, entre otros; a su vez, la producción pecuaria se resalta el ganado de levante y ceba y en la piscicultura, el cultivo en estanques de tilapia, cachama y la trucha arcoíris. Esta última, ha sido la especie de trucha más ampliamente empleada en las unidades piscícolas del municipio, gracias a que habita normalmente en aguas frías y limpias de ríos y lagos, condiciones propiciadas por el páramo ubicado en el municipio [4].

De forma general, para el éxito del cultivo de la trucha se deben garantizar varios requerimientos que incluyen: la cantidad y calidad del agua, la calidad de la semilla, la densidad de siembra, la uniformidad en los tamaños de la trucha, el manejo y la alimentación del animal. A su vez, el cultivo de la trucha consta de 3 etapas de crecimiento: el alevinaje, juvenil y engorde, con un tiempo aproximado de 8 meses [5].

Por otro lado, en relación al impacto ambiental causado por la producción piscícola, la incorrecta disposición de los residuos agroindustriales generados ocasiona daños irreversibles para el ecosistema cuando son enterrados, causando la degradación del suelo y la contaminación de fuentes hídricas. Por tal razón, la normatividad ambiental vigila de forma rigurosa esta economía en relación al uso eficiente del agua, vertimientos, residuos sólidos y uso de suelos [5]. Aun así, no se tiene una norma definida para la disposición final de los residuos biológicos generados en el beneficio de la trucha debido en parte a que estos pueden ser aprovechados en su totalidad, incluso pueden usarse como alimento en la unidad productiva.

Sin embargo, hay un interés creciente en el aprovechamiento de subproductos piscícolas motivado para evitar el daño ambiental; la piscicultura por su lado ha implementado nuevas estrategias para el aprovechamiento de los subproductos derivados de la actividad acuícola.

Investigaciones recientes [6] han mostrado que existen muchas opciones de tratamiento de residuos para la generación de productos de valor agregado o servicios gracias al alto contenido de nutrientes aprovechables tales como lípidos, proteínas y carbohidratos. Entre los posibles métodos de tratamiento se encuentran: los físicos, químicos y biológicos, que pueden incluir molienda hasta transformaciones mediadas por microorganismos. Finalmente, algunos de los productos derivados de las anteriores alternativas de aprovechamiento son: la producción de harina de pescado, ensilados, producción de biogás, elaboración de biofertilizantes, extracción de aceite, producción de enzimas, entre otras [7,8,9,10].

Teniendo en cuenta el plan de desarrollo municipal JUNTOS CONSTRUYENDO FUTURO planteado por el Gobierno municipal de Sonsón, se propone este proyecto para dar cumplimiento a dos líneas estratégicas del plan de desarrollo: Línea 2. Entornos y ruralidad saludables y sostenibles con los programas del área agropecuario: Inclusión productiva de pequeños productores rurales e Infraestructura productiva y comercialización. Los programas del área ambiental: Conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos y Educación ambiental. Y, por último, la línea 3. Competitividad y crecimiento económico, con los programas en el área de emprendimiento: Inclusión productiva de pequeños productores rurales y Generación y formalización del empleo [4].

Por lo anterior, se formularon alternativas de aprovechamiento de los subproductos originados en las unidades productivas piscícolas del municipio de Sonsón, con el propósito de encontrar una solución a la problemática presentada de disposición final de los mismos, y de esta manera contribuir en la disminución del daño ambiental y la posibilidad de generar un ingreso económico para el municipio y/o los productores.

3. Metodología

3.1. Visitas de caracterización a las unidades piscícolas y encuestas de diagnóstico sobre las condiciones socioeconómicas de los productores piscícolas.

Se realizaron visitas de caracterización a los productores de trucha arcoíris donde se generó una línea base de las unidades productivas piscícolas del municipio de Sonsón; para lo anterior, se hizo uso de encuestas diagnóstico (ver anexo 1) elaboradas con preguntas dirigidas a conocer la información relacionada a las unidades productivas como capacidad del cultivo, cumplimiento de la normatividad, cantidad de residuos y disposición final de los mismos. Adicionalmente, como actividad complementaria, se realizó acompañamiento presencial a los productores de trucha mediante asesorías personales relacionadas al aprovechamiento sostenible, el impacto ambiental asociado a esta actividad piscícola, la normatividad vigente y la disposición final de los residuos que se generan, toda vez que esto nos permite generar una apropiación del conocimiento dentro de las unidades productivas.

3.2. Revisión bibliográfica

Se realizó una revisión bibliográfica actualizada sobre los métodos y procesos de aprovechamiento de residuos provenientes de la actividad piscícola, caracterización fisicoquímica de los subproductos, normatividad ambiental y documentos legales para la realización de la misma. Esta revisión junto con el diagnóstico nos permitió formular una propuesta innovadora y sostenible para el aprovechamiento de los subproductos piscícolas. Se hizo uso de bases de datos bibliográficas en línea, material impreso, libros, literatura, y la información primaria recolectada de las personas directamente implicadas.

3.3. Formulación de tres propuestas innovadoras y sostenibles para el aprovechamiento de los subproductos originados en las unidades piscícolas.

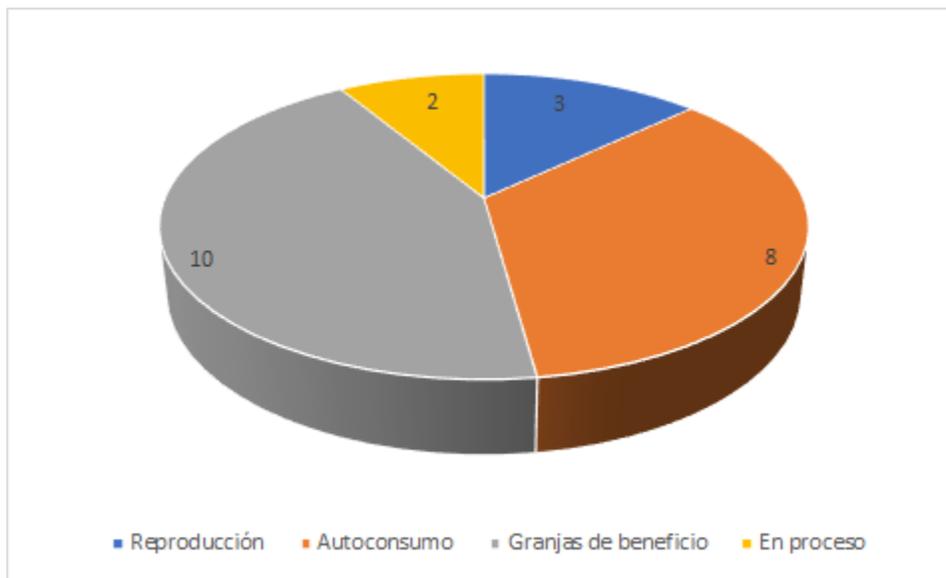
A partir de la información recopilada de las actividades anteriores, se plantearon tres (3) alternativas de aprovechamiento para los subproductos

generados en el beneficio de la trucha arcoíris. Las propuestas elaboradas contienen: la información general acerca de los procesos técnicos y metodológicos necesarios para su eventual implementación, factibilidad técnica en la región, ruta de implementación y recomendaciones para tal fin.

4. Discusión y análisis de resultados

4.1. Caracterización y diagnóstico de las unidades piscícolas del municipio.

Las visitas de caracterización realizadas a las unidades piscícolas del municipio y en conjunto con las encuestas diagnóstico diligenciadas, permitieron señalar las granjas productoras y sus especificaciones de producción, los residuos biológicos generados y el cumplimiento de la normatividad. Hasta el momento se tiene conocimiento de 23 unidades piscícolas (gráfica 1) que abarcan dos etapas de crecimiento: reproducción y cría (alevinos y dedinos) y levante y ceba; a su vez, esta última se distribuye en dos tipos, autoconsumo y unidades productivas (de mayor capacidad), y en donde ambas realizan el proceso de sacrificio para la obtención de carne de pescado. De manera adicional se tienen en cuenta las piscícolas que se encuentran en proceso de formación, las cuales están impulsadas por la oportunidad de negocio que representan las granjas de beneficio.



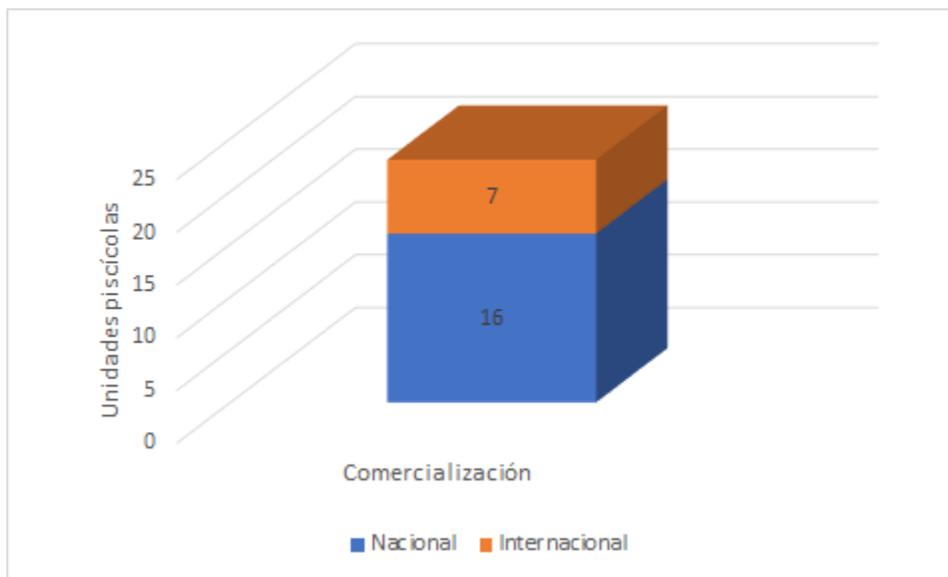
Gráfica 1. Distribución de las unidades piscícolas del municipio de Sonsón.

De manera general, las 23 unidades piscícolas comercializan un aproximado de 465.040 animales al mes y generan 8.652 kilos de residuos biológicos; estos incluyen: vísceras, heces y cuerpos. Según la literatura, los residuos derivados de las unidades piscícolas pueden ser aprovechados en un 100%; un valor que se aleja de la realidad de Sonsón, en donde existe un desconocimiento

de las alternativas de aprovechamiento de estos residuos y de la normatividad ambiental y legal vigente.

En la mayoría de los casos, estos desechos son enterrados en fosas creadas para tal fin, como es el caso de las 10 piscícolas con alto flujo de comercialización y en donde se genera un volumen considerable de residuos lo que dificulta su aprovechamiento. Por otro lado, las trucheras de autoconsumo, se suelen usar estos residuos (vísceras y/o cuerpos) para alimentación de otros animales en el mismo predio.

La distribución comercial de la carne procesada de trucha en el municipio abarca el mercado nacional e internacional (gráfica 2). La comercialización nacional, se encuentra enfocada en mayor medida a suplir la demanda de municipios antioqueños como Sonsón, Rionegro, Guarne, Medellín y Pácora; mientras que, la comercialización internacional se realiza a través de un intermediario ubicado en el municipio de San Félix que exporta el producto.

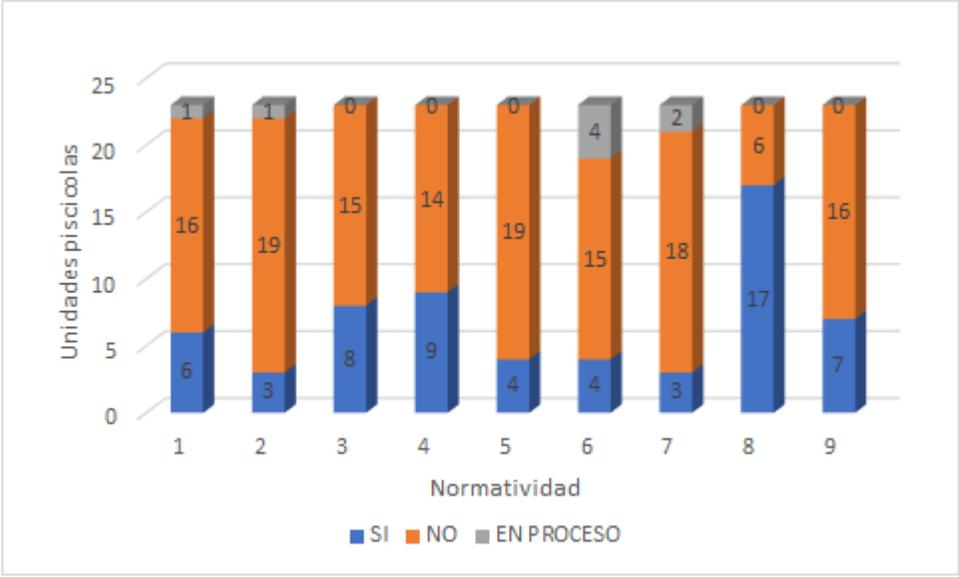


Gráfica 2. Comercialización de las truchas cosechadas en el municipio de Sonsón.

Debido a las características técnicas de las unidades piscícolas, solo alrededor del 30% de estas, tienen la capacidad de generar un producto de exportación; este indicador permite observar que gran parte de la oferta de trucha de Sonsón se consume a nivel nacional. Esto no necesariamente se debe a que la demanda interna sea mayor sino a la falta de

instrumentación para cumplir con las condiciones fitosanitarias de calidad necesarias para ser distribuidos fuera del país.

Para el caso de la normatividad ambiental (gráfico 3), se evidenció un incumplimiento considerable de la documentación que se debe tener en cuenta para efectuar esta actividad productiva, principalmente con el uso de los recursos naturales y la legalización de sus procesos productivos.



Gráfica 3. Normatividad a tener en cuenta y su cumplimiento en los cultivos piscícolas. 1: cámara y comercio, 2: plan de manejo ambiental, 3: uso de suelos, 4: RUT, 5: Invima, 6: permiso de vertimientos, 7: permiso de ocupación de cauce, 8: concesión de aguas, 9: prestaciones sociales

Al realizar el diagnóstico del estado del cumplimiento de la normatividad de las piscícolas del municipio, se observó que 8 de las 9 normativas están en una situación crítica, ya que ninguna de estas son acatadas por el 50% de las unidades encuestadas. Las bajas tasas de cumplimiento son el resultado de varios problemas socioeconómicos como los costos de adecuación, la ausencia de incentivos económicos, el desconocimiento de la legislación y las condiciones particulares de los productores y que impiden o desincentivan su cumplimiento.

En vista de la problemática que se evidenció al momento de realizar el diagnóstico, y aún más con la disposición final de los residuos en las unidades productivas ya que son las que mayor volumen generan, se continuó con la

búsqueda bibliográfica de posibles alternativas de solución para el aprovechamiento de los subproductos generados en la cosecha y comercialización de trucha arcoíris en el municipio.

4.2. Revisión bibliográfica

4.2.1. Caracterización fisicoquímica de las vísceras

Sonsón cuenta con un alto número de unidades piscícolas, por lo que la caracterización de la trucha arcoíris puede diferir en virtud de muchos factores como sexo, tamaño, dieta, localización geográfica, temperatura del ambiente y estación del año, por esto y debido al alcance del proyecto, se definió que la caracterización fisicoquímica de los subproductos de trucha se determinaría en función de la información recolectada en la literatura asociada a la descripción y composición de este residuo, para lo cual, se encontró lo siguiente:

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de las vísceras de trucha arco iris.

Muestra	% Humedad	% Grasa	% Minerales	% Proteína
Huesos – Músculo	1,41	34,79 ± 3,02	18,11 ± 0,19	18,13
Cabezas	2,18	28,57 ± 0,89	16,71 ± 0,23	17,71 ± 0,36
Viseras	2,68	42,32 ± 2,15	17,05 ± 0,5	15,83 ± 0,95

Adaptado de [9].

Las muestras para obtener los resultados anteriores se tomaron del municipio de Jardín, a 114 kilómetros de la ciudad de Caldas, a 1750 M.S.N.M, con una temperatura promedio de 19°C.

4.2.2. Posibles alternativas

Dada la revisión bibliográfica realizada, se pudo observar que existen gran variedad de alternativas de aprovechamiento de subproductos de trucha en sectores como: el alimentario, el farmacéutico y/o cosmético, el agropecuario y el energético, con productos y/o servicios como: producción de harina de pescado, ensilados, producción de biogás, elaboración de biofertilizantes, extracción de aceite, producción de enzimas, entre otras [7,8,9,10]. Teniendo en cuenta las aplicaciones anteriormente mencionadas y la actividad económica del municipio de

Sonsón que está enfocada al sector agropecuario, se decidió escoger las tres alternativas de solución con mayor factibilidad, reproducibilidad y aprovechamiento en el municipio, las cuales son: Producción de biogás, elaboración de biofertilizante y extracción de aceites para suplemento animal.

4.3. Formulación de alternativas

Dada la búsqueda bibliográfica de todas las posibles alternativas de aprovechamiento, se procede a formular todos los procedimientos técnicos y metodológicos necesarios para llevar a cabo las propuestas, partiendo de la ruta de implementación presentada en la gráfica 4, donde se exponen las condiciones operacionales desde el almacenamiento de los residuos recolectados, hasta la obtención del producto final.



Gráfica 4. Ruta de implementación de los procesos.

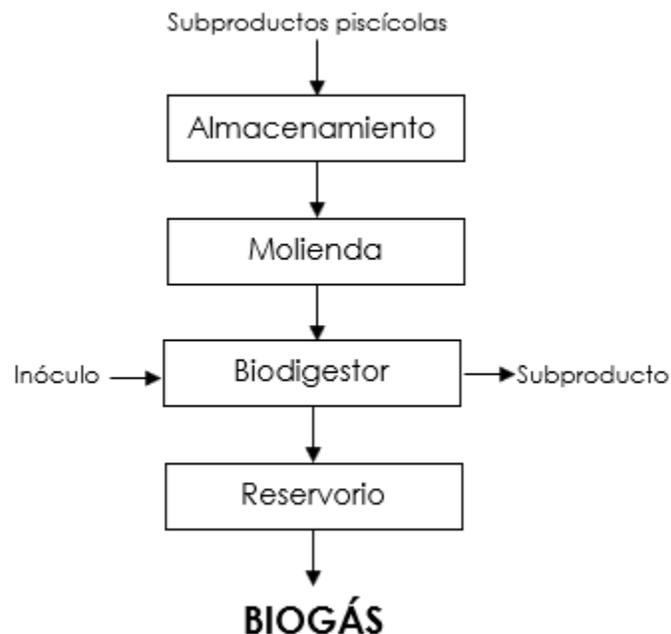
El centro de acopio será el mismo indiferente del proceso a llevar a cabo, este deberá proporcionar un almacenamiento en frío (-18°C) para poder conservar los residuos biológicos con sus propiedades y evitar una degradación temprana.

4.3.1. Procesos técnicos y metodológicos de las alternativas

4.3.1.1. Alternativa 1. Producción de biogás.

El biogás es una fuente de energía renovable producida a partir de la digestión anaeróbica de microorganismos en los desechos biológicos. Consiste generalmente en metano (50% -75%) y dióxido de carbono (25% - 50%), algunas cantidades menores de otros gases que se pueden considerar impurezas y vapor de agua. Esta fuente de energía produce entre 5,5 y 7 kWh/m, y el contenido de energía está directamente relacionado con el contenido de metano. El biogás es un suministro de energía sostenible y flexible, puede almacenarse y utilizarse como fuente renovable de electricidad y calor cuando sea necesario [12].

A continuación, se puede observar el proceso técnico a llevar a cabo para la producción de energía a partir de desechos piscícolas, en la gráfica 5, se evidencia el diagrama de flujo del proceso.



Gráfica 5. Diagrama de flujo del proceso de producción de biogás.

Para ejecutar el proceso de producción presentado en la gráfica 5, se requerirá de las siguientes condiciones operacionales:

- **MOLIENDA:** este permitirá homogeneizar el tamaño de partícula y facilitar la digestión de los residuos que serán transformados en el biodigestor. El tamaño de partícula recomendado es menor a 5 mm [13].
- **BIODIGESTIÓN:** este proceso es fundamental para llevar a cabo la transformación de la materia prima recuperada en biogás, mediante procesos de digestión anaeróbica, el cual requiere de un consorcio de microorganismos que generalmente están en este tipo de residuos y son los encargados de transformar la materia orgánica de las vísceras en diferentes productos del metabolismo anaeróbico que logren desarrollar. Entre los grupos de microorganismos presentes en la digestión anaerobia se encuentran: bacterias fermentativas, bacterias acetogénicas, bacterias homoacetogénicas, bacterias

metanogénicas hidrogenotróficas, bacterias metanogénicas acetoclásticas [14].

Generalmente el proceso de digestión anaerobia comprende las siguientes etapas:

- 1. Hidrólisis:** las bacterias hidrolíticas fermentativas convierten los complejos orgánicos insolubles en moléculas solubles. Los polímeros se hidrolizan a sus monómeros correspondientes por acción de enzimas hidrolíticas (lipasas, proteasas, celulasas, amilasas, etc.) secretadas por los microorganismos acidogénicos o fermentativos. Esta etapa es de gran importancia y puede llegar a ser la limitante de la velocidad de degradación anaerobia sobre todo cuando se tratan residuos con alto contenido de sólidos.
- 2. Acetogénesis:** las bacterias acetogénicas, convierten los productos de la primera fase en ácidos orgánicos simples, dióxido de carbono e hidrógeno. Los principales ácidos que se producen son ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico y etanol. Algunos ejemplos de bacterias acetogénicas son: *Wolinii syntrophobacter*, *Sytrrophomonos wolfei*, *Clostridium spp.*, *Peptococcus anerobus*, *Lactobacillus* y *Actinomyces*.
- 3. Metanogénesis:** el metano es producido por bacterias formadoras de metano ya sea por medio de la ruptura de moléculas de ácido acético para generar dióxido de carbono y metano, o por reducción de dióxido de carbono con hidrógeno. Entre las bacterias metanogénicas se encuentran *Methanobacterium*, *Methanobacillus*, *Methanococcus* y *Methanosarcina*. *Methanosarcina spp.*, *Methanothrix spp.* y *Methanosaeeta* entre otras [13, 14].

El ser uno de los pasos más críticos en el proceso, la digestión anaerobia tiene diferentes parámetros de proceso para su correcto funcionamiento y que generalmente se encuentran en los siguientes valores:

Tabla 2. parámetros de proceso de digestión anaeróbica.

Variable	Rango óptimo de operación
Temperatura (°C)	25 - 45
pH	6,5 - 7,5
Tiempo de retención hidráulica	30 - 40 días

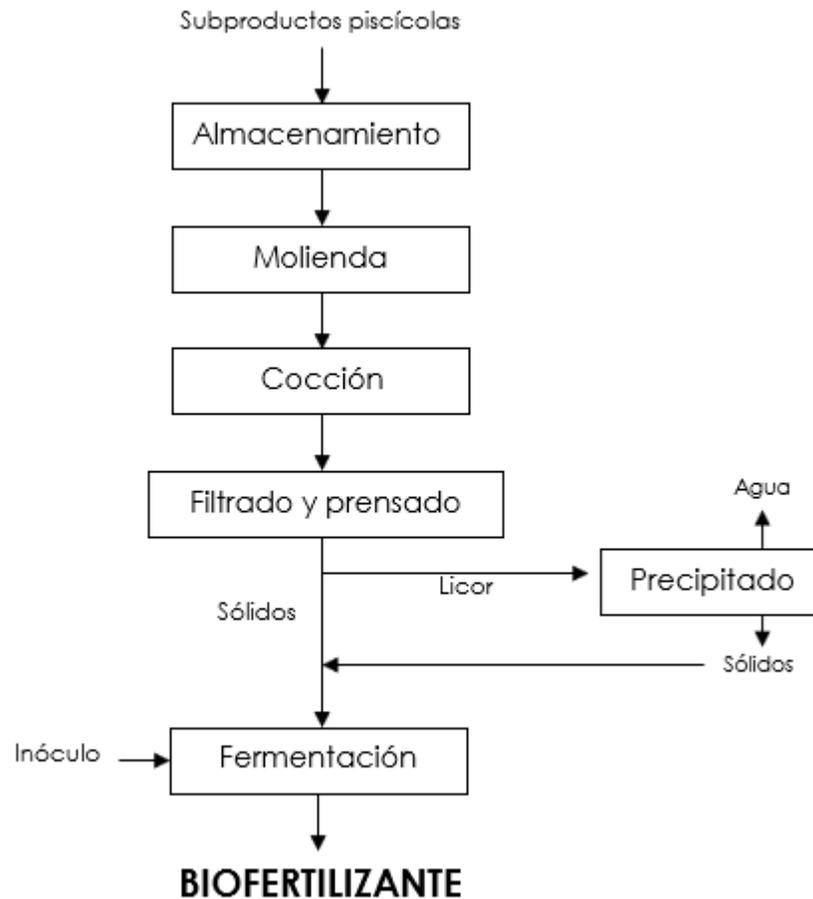
- **RESERVORIO:** el gas obtenido deberá ser almacenado en un sistema con los requerimientos de seguridad mínimos y que permita su uso posterior en otro tipo de actividades.

La producción de biogás al ser una fuente de energía renovable, presenta una gran ventaja para ser aprovechada en el municipio y las propias unidades piscícolas, incluyendo al abono orgánico obtenido como subproducto del proceso. No obstante, su implementación se puede dificultar por la instrumentación requerida para el almacenamiento y posterior liberación, así como los equipos mínimos (biorreactor) para la transformación de residuos en energía. Para lo anterior, deberá tenerse en cuenta un buen control del proceso para evitar fugas y así generar un biogás de calidad.

4.3.1.2. Alternativa 2. Elaboración de biofertilizante.

Los biofertilizantes, abonos orgánicos o biol, son sustancias hormonales que contribuyen al crecimiento de los cultivos, estos se elaboran por fermentación anaeróbica a partir de desechos biológicos y en algunos casos se obtiene como subproducto de la producción de biogás. Los principales cultivos en los que se pueden usar los bio fertilizantes obtenidos a partir de los residuos piscícolas son en horticultivos [8]. Para definir la composición del biofertilizante se deberá realizar análisis físico químicos y microbiológicos.

En la gráfica 6 se puede observar el proceso metodológico de elaboración de biofertilizante a partir de subproductos obtenidos en las unidades piscícolas del municipio.



Gráfica 6. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de biofertilizante.

El proceso de elaboración de biofertilizante presentado en la gráfica 6, deberá ser ejecutado con las siguientes condiciones operacionales:

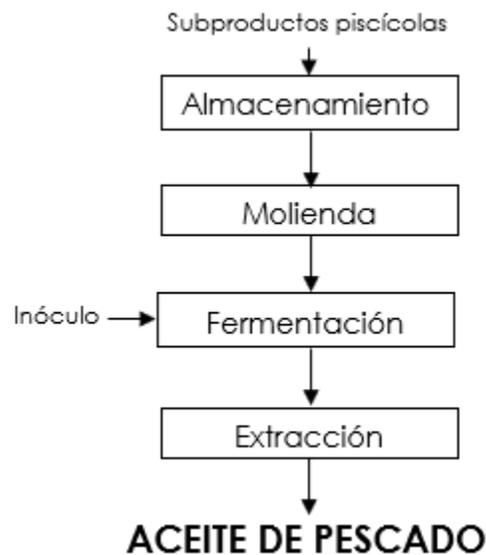
- **MOLIENDA:** este permitirá homogeneizar el tamaño de partícula y facilitar la digestión de los residuos que serán transformados en el biodigestor. El tamaño de partícula recomendado es menor a 5 mm.
- **COCCIÓN:** con el fin de liberar agua y aceite, los subproductos de trucha tendrán una cocción por 20 minutos a 80°C.
- **FILTRADO Y PRENSADO:** aquí se pretende disminuir la humedad en un 40-50% para evitar que los aceites y el agua presente en la muestra interfieran en el proceso de transformación.
- **FERMENTACIÓN:** este proceso pretende romper los enlaces peptídicos para obtener aminoácidos libres o péptidos de bajo peso molecular

mediante reacciones enzimáticas o químicas. Para lo anterior, se requiere el uso del hongo *Rhizopus oryzae* para facilitar la digestión de la materia prima. Las condiciones operacionales para este proceso son 30°C por 72 horas [15].

El municipio de Sonsón cuenta con una extensa área en cultivos hortícolas, los cuales se pueden ver beneficiados por la elaboración de biofertilizante a partir de subproductos piscícolas, principalmente en la etapa de crecimiento. La implementación de este proceso requiere de una instrumentación sencilla y no requiere tanto control como la producción de biogás.

4.3.1.3. Alternativa 3. Extracción de aceite.

El aceite de pescado es un suplemento dietético que dependiendo del proceso de obtención puede ser digerido por humanos y/o animales; para el caso del extraído de las vísceras de trucha, es usado única y exclusivamente en animales como complemento en su alimentación. Adicionalmente, estos aceites también pueden ser empleados para la producción de combustibles derivados como el biodiesel. En el siguiente diagrama (gráfica 7) se puede observar el proceso metodológico para obtener aceite extraído de los subproductos piscícolas.



Gráfica 7. Diagrama de flujo para el proceso de extracción de aceite.

Para llevar a cabo el proceso de producción presentado en la gráfica 7, se requerirá de las siguientes condiciones operacionales:

- **MOLIENDA:** este permitirá homogeneizar el tamaño de partícula y facilitar la digestión de los residuos que serán transformados en el biodigestor. El tamaño de partícula recomendado es menor a 4 mm [16].
- **HIDRÓLISIS:** este proceso es fundamental para liberar los aceites presentes en los subproductos de trucha, para tal caso se hará uso de bacterias lácticas como inóculo y melaza como fuente de carbono a una temperatura de 15°C [17].
- **EXTRACCIÓN:** este procedimiento estará basado en el principio de centrifugación que permite separar el aceite obtenido del resto de compuestos presentes en la hidrólisis como el agua y los sólidos.

La extracción de aceite para ser usado como suplemento animal, consideraría un ingreso económico para el municipio y/o las piscícolas, ya que este podría ser vendido a empresas de elaboración de alimentos balanceados para animales. En cuanto a la implementación, se requiere de un montaje sencillo y con un control mínimo de las condiciones operacionales por tratarse de una extracción biológica.

4.3.2. Análisis de la factibilidad en la región

Las condiciones agroecológicas de Sonsón han impulsado la búsqueda de estrategias por parte de las entidades gubernamentales que permitan la adecuada exploración y explotación de la biodiversidad del municipio. Un ejemplo de ello es el aprovechamiento de los residuos obtenidos de las plantas de beneficio piscícolas que existen en la región para la obtención de subproductos con valor agregado como biogás, biofertilizantes y aceites a partir de diferentes alternativas de bioproceso. Estas alternativas son viables y factibles gracias a las condiciones socioeconómicas del municipio, que en este caso parte de actividades agropecuarias. Esto representaría un progreso y un modelo a seguir para otros municipios que presenten los mismos problemas con este tipo de residuos.

La viabilidad técnica de las propuestas de valor depende en gran medida de los rendimientos que se puedan alcanzar en la producción de biogás y la extracción de aceites. Se ha reportado en la literatura una producción de metano cercana a $0.62 \text{ m}^3 \text{ CH}_4/\text{kg}$ Sólidos Volátiles [13] usando como materia prima los subproductos de la trucha; adicionalmente, con las condiciones mencionadas en la metodología, se obtiene un abono orgánico o biol como subproducto aprovechable de este proceso. El biogás puede ser usado como fuente energética de las plantas de procesamiento de cárnicos y el abono orgánico para los horticultivos del municipio. Para el caso de la extracción de aceite también se ha reportado un rendimiento de $95,34 \pm 3,73$ [17] expresado como el porcentaje de aceite extraído con respecto al contenido total de lípidos en las vísceras, con las características químicas apropiadas para su aplicación en suplemento animal. En cuanto a la obtención de biofertilizante como producto principal, se ha demostrado su uso y efectividad en actividades agrícolas, especialmente en los cultivos como lechuga, cebolla, tomate, entre otros, desarrollando principalmente la etapa de crecimiento [8].

En cuanto a su factibilidad ambiental, el proyecto beneficiaría a toda la región páramo ya que disminuiría los daños ambientales ocasionados por la disposición final que se le viene dando a los subproductos piscícolas, como las fosas comunes que pueden generar degradación de suelos y fuentes hídricas cercanas, así como la generación de gases de efecto invernadero. Adicionalmente, desde el punto de vista social y económico este tipo de propuestas pueden contribuir a mejorar los problemas generados entre los habitantes por los olores que estos desprenden y la posibilidad de generar empleo al implementar un nuevo proceso productivo. Por otro lado, el hecho de utilizar residuos para la generación de un producto contribuirá a la disminución de los costos de materia prima en la producción de biogás, aceites o biofertilizantes. Cabe resaltar que, con todas las alternativas mencionadas, implicaría una inversión grande en equipos e infraestructura pero que puede recuperarse a largo plazo dado el beneficio que puede llegarse a obtener.

5. Conclusiones

El diagnóstico permitió evidenciar que los piscicultores del municipio de Sonsón no tienen conocimiento de la normatividad técnica y ambiental que debe ser cumplida para ejercer las actividades piscícolas, y mucho menos del aprovechamiento de los subproductos obtenidos en el procesamiento de carne de pescado.

La búsqueda bibliográfica evidenció que se pueden obtener diferentes productos de valor al utilizar en su totalidad los residuos piscícolas gracias a las transformaciones biológicas que se pueden realizar mediante la biotecnología.

A partir de diferentes procesos biotecnológicos como la digestión anaeróbica, hidrólisis biológica y extracción biológica se pueden aprovechar los residuos generados en las piscícolas en la obtención de productos de valor agregado como biogás, biofertilizantes o aceites; lo que contribuiría a generar un beneficio ambiental, económico y social en la actividad agropecuaria de Sonsón.

6. Recomendaciones

- La entidad gubernamental debe planear jornadas de capacitaciones a los piscicultores sobre la normatividad vigente relacionada a los requerimientos de inocuidad, uso eficiente del agua y suelos, disposición de residuos y buenas prácticas acuícolas (BPAC) que son necesarios en actividades piscícolas.
- Es necesario que se formule un proyecto enfocado a cada alternativa que contemple de manera detallada el análisis económico, técnico, ambiental, social y organizacional.
- Se puede iniciar un piloto del proceso de acopio y almacenamiento de los residuos piscícolas que permita realizar una mejor gestión de este tipo de residuos y contribuya a mitigar los impactos ambientales y sociales asociados a su inadecuada disposición.

Referencias Bibliográficas

- [1] Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46.
- [2] Albuzio, A., Durigon, V., & Provenzano, M. R. (2011). Anaerobic digestion of trout by-products. *Waste and Biomass Valorization*, 2(2), 127-131.
- [3] Florez Jalixto, M. A., Roldán Acero, D. J., & Juscamaita Morales, J. G. (2020). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología Aplicada*, 19(2), 121-131.
- [4] Alcaldía de Sonsón-Antioquia (2020), Plan de desarrollo municipal, JUNTOS CONSTRUYENDO FUTURO.
- [5] Corantioquia (2016). Manual de Producción y Consumo Sostenible Gestión del Recurso Hídrico. Cultivo de trucha y tilapia. Recuperado el 9 de marzo de 2021 de: https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/Manuales_GIRH/Pisicola.pdf
- [6] Olsen, R. L., Toppe, J., & Karunasagar, I. (2014). Challenges and realistic opportunities in the use of by-products from processing of fish and shellfish. *Trends in Food Science & Technology*, 36(2), 144-151.
- [7] Nnali, K. E., & Oke, A. O. (2013). The utilization of fish and fish farm wastes in biogas production: " a review". *Advances in Agriculture, Sciences and Engineering Research*, 3(2), 657-667.
- [8] Tamayo, E. J. D., Velásquez, G. E. B., & Abarca, G. V. C. (2019). Elaboración de Fertilizante Orgánico a Partir de Vísceras de Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y Jurel (*Trachurus murphyi*), Cuantificación y Evaluación del Efecto de los Nutrientes Minerales. In *Anales Científicos* (Vol. 80, No. 2, pp. 452-461). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- [9] Ruales, C. A. D., Toro, C. T., Ávila, S. H., & Londoño, J. (2014). Aprovechamiento de residuos de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*: uso de tecnologías limpias para la extracción de aceite. *Orinoquia*, 18(1), 294-299.
- [10] Andevári, G. T., Rezaei, M., Tabarsa, M., & Rustad, T. (2019). Extraction, partial purification and characterization of alkaline protease from rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*) viscera. *Aquaculture*, 500, 458-463.
- [11] Gobernación de Antioquia (2020). Secretaria de agricultura y desarrollo rural. Anuario estadístico del sector agropecuario departamento de Antioquia 2019. Recuperado el 28 de mayo de 2021 de: <https://antioquia.gov.co/images/PDF2/Agricultura/2021/01/ANUARIO%202019.pdf>
- [12] Plugge, C. M. (2017). Biogas. *Microbial biotechnology*, 10(5), 1128-1130.
- [13] SALAS, M. E. C. (2016). ANÁLISIS DE ACTIVIDAD METANOGENICA DE INÓCULOS Y POTENCIAL METANOGENICO DE BIOMASA RESIDUAL.

- [14] Sallo Masache, P. D. (2014). *Producción de biogas a partir de desechos sólidos orgánicos que se generan en el mercado central del cantón Arenillas* (Bachelor's thesis, Machala: Universidad Técnica de Machala).
- [15] Galvez Diaz, S. C., & Ramos Carrasco, R. A. Remediación de las playas y puerto de Chancay por medio del uso de biogás a base de desechos sólidos.
- [16] Raeesi, R., Shabanpour, B., & Pourashouri, P. (2021). Quality Evaluation of Produced Silage and Extracted Oil from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Wastes Using Acidic and Fermentation Methods. *Waste and Biomass Valorization*, 1-12.
- [17] Ing, A. F. M. V., & Ing, J. E. B. I. (2016). EVALUACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ENSILAJE COMO MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SUBPRODUCTOS DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*)/EVALUATION OF THE SILAGE TECHNOLOGY AS RECOVERY METHOD OF OIL FROM RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*) BY-PRODUCTS. *Vitae*, 23, S278.

Anexos

Anexo 1. Encuesta realizada para obtener el diagnóstico de las unidades piscícolas.

 ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL DE SONIÓN SECRETARÍA DE ASISTENCIA RURAL Y MEDIO AMBIENTE LÍNEA BASE SUBPRODUCTOS DE LA TRUCHA MUNICIPIO DE SONIÓN									
PROYECTO								FECHA: DIA / MES / AÑO	
INFORMACIÓN GENERAL									
NOMBRE DE LA EMPRESA				CORREO ELECTRÓNICO:			TELÉFONO:		
PROPIETARIO				CORREO ELECTRÓNICO:			TELÉFONO:		
ENCUESTADO:			CARGO:		TIEMPO DE SERVICIO		TELÉFONO:		
GEOREFERENCIACIÓN (WGS84)		X	Y	UBICACIÓN		TEMPERATURA (°C)		ALTURA (m.s.n.m)	
CONDICIONES ECONÓMICAS									
UNIDADES PRODUCTIVAS DE TRUCHA	UNIDADES COMERCIALIZADAS (Semana)	CAPACIDAD TOTAL DEL CULTIVO	PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO	CANALES DE DISTRIBUCIÓN		TIEMPO DE ACTIVIDAD (meses)	DÍAS DE BENEFICIO	EMPLEOS QUE GENERA DIRECTAMENTE	
				DONDE	COMO				
NORMATIVIDAD									
LA EMPRESA POSEE (sí, no, en proceso)	CAMARA Y COMERCIO:		PLAN DE MANEJO AMBIENTAL:		USO DE SUELOS:			RUT:	INVIMA:
	PERMISO DE VERTIMIENTOS:		PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUSE:		CONSECIÓN DE AGUAS:			AFILIACIÓN A SEGURIDAD SOCIAL DE LOS TRABAJADORES:	
RESIDUOS									
TIPOS DE RESIDUOS BIOLÓGICOS QUE GENERA	CANTIDAD DE RESIDUOS (VISCERAS) QUE GENERA (kilos/semana)	MODO DE DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS	MORTALIDAD			PROBLEMAS CON EL MANEJO DE RESIDUOS			
			PORCENTAJE	CANTIDAD (kilos)	ETAPA	SOCIAL	AMBIENTAL		
								CAUSAS	
ALTERNATIVAS									
CONOCE ALGUNA ESTRATEGIA PARA TRATAR LOS RESIDUOS (VISCERAS)			UTILIZA ALGÚN MÉTODO PARA LA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS			¿SI EXISTIERA LA POSIBILIDAD DE UNA ALTERNATIVA PARA TRATAR LOS RESIDUOS GENERADOS, ESTARIA USTED DISPUESTO A COLABORAR CON EL PROCESO?			
OBSERVACIONES					RECOMENDACIONES				
Firma del Funcionario					Firma del Usuario				

Anexo 2. Normatividad ambiental y técnica a tener en cuenta.

	Norma	Objeto
USOS DEL AGUA	Decreto 1076 de 2015 CAPÍTULO 4. Registro de usuarios del recurso hídrico.	Establece todo lo relativo a permiso para aprovechamiento o concesión de aguas, normas específicas para los diferentes usos dados al recurso hídrico.
	Decreto 1076 de 2015 CAPÍTULO 6 Tasas por utilización del agua.	Por el cual se reglamentó el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones
	Ley 373 de 1997	Fija obligaciones sobre ahorro y uso eficiente de agua a quienes administran y/o usan el recurso hídrico
VERTIMIENTOS	Decreto 1076 de 2015: CAPÍTULO 3 Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
	Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones".
	Decreto 1076 de 2015: CAPÍTULO 7 Tasas retributivas por vertimientos puntuales al agua.	Por el cual se reglamentó la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones
	Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.
RESIDUOS SÓLIDOS	Decreto 1076 de 2015: TÍTULO 6 - RESIDUOS PELIGROSOS, Capítulos 1 y 2, Anexos 1 y 2 y 3.	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.

USO DEL SUELO	Ley 388 de 1997	Reglamenta mecanismos que permiten al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial.
NORMAS GENERALES	Ley 09 de 1979	Reglamenta las actividades y competencia de salud pública para asegurar el bienestar de la población.
	Decreto 2333 de 1982	Funcionamiento de fábricas, expendio y transporte, saneamiento de los mismos, condiciones y calidades de equipos, áreas y secciones obligatorias, empaque, conservación, rotulado y demás normas pertinentes.