

ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PROVENIENTES DE PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CABUYA EN LAS
VEREDAS SAN JUAN, EL CANELO, LA LAGUNA Y HUACAS DEL
MUNICIPIO DE POPAYÁN.



ANGIE CATALINA FERNÁNDEZ ZOLARTE

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYÁN, 2022

ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PROVENIENTES DE PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CABUYA EN LAS
VEREDAS SAN JUAN, EL CANELO, LA LAGUNA Y HUACAS DEL
MUNICIPIO DE POPAYÁN.



ANGIE CATALINA FERNÁNDEZ ZOLARTE

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Director:

M.S.c RONALD ÉDINSON CERÓN

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

POPAYÁN, 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

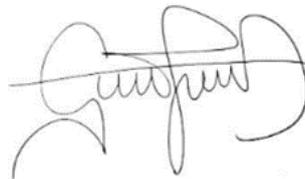
NOTA DE ACEPTACIÓN: Hago constar que el presente trabajo de grado, ha sido aceptado por el director y los jurados en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca para optar al título de Ingeniera Ambiental y Sanitario.



Director del trabajo de grado



Jurado 1



Jurado 2

DEDICATORIA

A mi abuelita Licenia por ser mi ángel guardián al cuidarme como la niña de sus ojos, ser mi mano amiga en los buenos y malos momentos de mi vida, tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege, mi mayor ejemplo de humildad, nobleza, amor y comprensión. Eres y serás el tesoro más preciado que la vida me pudo regalar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por la oportunidad que me ha brindado al culminar mi etapa de formación profesional como Ingeniera Ambiental y Sanitaria. A mi madre Rocío Zolarte, que ha brindado todo su esfuerzo diariamente para apoyarme en esta etapa de mi vida estudiantil, y finalmente, a la división ambiental de la empresa Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P. quienes me dieron la oportunidad de ejecutar mis conocimientos teóricos en el entorno profesional e hicieron valiosos aportes en el desarrollo del trabajo “alternativa de tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos productivos de la cabuya en las veredas San Juan, El Canelo, La Laguna y Huacas del municipio de Popayán”.

TABLA DE CONTENIDO		Pág.
INTRODUCCION.	.....	16
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	.....	18
1.2 JUSTIFICACION	.....	20
1.3 OBJETIVOS	.....	22
1.3.1 OBJETIVO GENERAL:	.....	22
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:	.....	22
2.MARCO REFERENCIAL	.....	23
2.1 MARCO CONCEPTUAL.	.....	23
2.2 ANTECEDENTES.	.....	25
2.3 MARCO LEGAL	.....	27
3 METODOLOGIA	.....	28
3.1. FASE I. Caracterización de la producción.	.....	28
3.1.1. ACTIVIDAD 1. Descripción del área de estudio.	.....	28
3.1.2 ACTIVIDAD 2. Levantamiento de la información y caracterización del proceso productivo.	.....	29
3.1.3 ACTIVIDAD 3. Consumo y generación de las aguas residuales.	30	
3.2 FASE II. Determinación del impacto ambiental ocasionado por el vertimiento directo de las aguas residuales.	.....	33
3.2.2 ACTIVIDAD 1. Identificación de los puntos de muestreo.	.....	33
3.2.3 ACTIVIDAD 2. Caracterización físico química y microbiológica.	34	
3.2.4 ACTIVIDAD 3. Toma de muestra y análisis de resultados.	.....	35
3.2.5 ACTIVIDAD 4. Determinación del índice de riesgo.	.....	36
3.2.6 ACTIVIDAD 5. Aplicación de la matriz de Leopold.	.....	37
3.3. FASE III. Formulación de la alternativa de mitigación del impacto ambiental para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el proceso de lavado de la fibra natural del fique.	.....	39
3.3.1 ACTIVIDAD 1. Estudio de las alternativas existentes en Colombia para el manejo de aguas residuales provenientes del lavado.	.....	39

3.3.2	ACTIVIDAD 2. Formular una alternativa de tratamiento para las aguas residuales provenientes del proceso productivo de cabuya....	39
4	RESULTADOS	41
4.1	FASE I: Análisis de la caracterización de la producción.	41
4.1.1	División política de los corregimientos veredales de las zonas de estudio.....	41
4.1.3.	Análisis del consumo y generación de las aguas residuales.	57
4.2	FASE II. Análisis de la determinación del impacto ambiental ocasionado por el vertimiento directo de las aguas residuales.	66
4.2.1	Análisis de la identificación de los puntos de muestreo.	66
4.2.2	Caracterización físico química y microbiológica y análisis de resultados.....	67
4.2.3	Análisis de la determinación del índice de riesgo.	72
4.2.4	Análisis de la matriz de Leopold.	74
4.3	FASE III. Resultados de la formulación de la alternativa de mitigación de impacto ambiental para las aguas residuales generadas en el proceso de lavado de la fibra natural del fique.	75
4.3.1	Programa de educación ambiental:	75
4.3.2	Alternativa encaminada hacia la economía circular.....	81
4.3.3	Alternativa de tratamiento biológico de las aguas residuales generadas en el proceso productivo de la cabuya	84
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	88
5.1	CONCLUSIONES.....	88
5.2.	RECOMENDACIONES.....	90
6.	BIBLIOGRAFÍAS	91

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Marco legal.	27
Tabla 2: Predios a encuestar en cada vereda.....	29
Tabla 3: Información para tener en cuenta de fincas productoras de fique	31
Tabla 4: Información para tener en cuenta del volumen de agua total empleada en pozos convencionales.	31
Tabla 5: Información para tener en cuenta del volumen de agua total empleada en las micro cuencas Agua Bonita y La Laguna.....	33
Tabla 6: Parámetros a analizar en laboratorio AAPSA.	34
Tabla 7: Valores establecidos de ponderados para Matriz de Leopold.	38
Tabla 8: Veredas seleccionadas para la recolección de información en cuanto a la producción de fique.	47
Tabla 9: Predios que no realizan el proceso de transformación del fique.....	57
Tabla 10: Predios seleccionados para realizar la caracterización del proceso productivo de la cabuya.	58
Tabla 11: Total del producción de fique en predios con lavado en pozos convencionales.....	59
Tabla 12: Resultados del volumen de agua total empleada en pozos convencionales.....	60
Tabla 13: Datos de consumo y su importancia en cuanto a la contaminación del recurso hídrico.....	60
Tabla 14: Resultados del volumen de agua empleada en lavado directamente sobre micro cuencas Agua Bonita y La Laguna.	63
Tabla 15: Resultados laboratorio micro cuenca Agua Bonita.....	67
Tabla 16: Resultados de laboratorio micro cuenca La Laguna.	68
Tabla 17: Análisis Clasificación índice de riesgo para la calidad del agua (IRCA)	72
Tabla 18: Alternativa de educación ambiental, la cual está conformada por las siguientes actividades.	77
Tabla 19: Recolección de información en cuanto a verificación del cumplimiento de las actividades asociadas a la alternativa de educación ambiental.	80

Tabla 20:La alternativa de economía circular está conformada por las siguientes actividades: 82

Tabla 21:Alternativa de tratamiento del licor verde con el uso de microfitas: .. 86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Fases de la metodología.	28
Figura 3: Modelo de celda matriz de Leopold.....	38
Figura 4: Mapa ubicación de las áreas de estudio.	42
Figura 5: Resguardo indígena Páez de Quintana.	45

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1: Nivel de estudios en las zonas de estudio.....	49
Gráfica 2: Porcentaje de producción de fique en predios con lavado en pozos convencionales.....	59

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 1: Estanques de piscicultura, predio La Lomita.	43
Fotografía 2: Socialización de la encuesta para la recolección de información.	48
Fotografía 3: Visita vereda San Juan, predio Jairo Tumbo.	50
Fotografía 4: Soluciones de agua, predio Mauricio Lame vereda la Laguna. ..	50
Fotografía 5: Predio el mayo, lote de clasificación compacto, distribución del semillero de fique, propietario Fabio Mauricio Santiago.	52
Fotografía 6: Distribución dispersa tipo lindero, predio Reserva Natural el Oasis.	52
Fotografía 7: Distribución siembra compacta predio reserva natural el Oasis.	52
Fotografía 8: Proceso de corte predio el mayo, vereda la Laguna.	53
Fotografía 9: Deterioro de la plántula de fique debido a la plaga “raya”.	54
Fotografía 10: Máquina de desfibrado.	54
Fotografía 11: Transformación de fibra natural y generación de subproductos.	55
Fotografía 12: Punto de lavado quebrada Agua Bonita.	56

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Mapa de localización de los predios con cultivos de fique y estaciones climáticas comunitarios y AAPSA.....	97
Anexo 2: Mapa de Localización de Puntos de muestreo del acueducto interveredal la Rejoya.....	97
Anexo 3: Matriz de Leopold.....	98
Anexo 4: Formato de encuesta ejecutado para la recolección de información en las zonas de estudio.....	99

RESUMEN.

La interacción entre el ser humano y el medio ambiente, actualmente es una de las principales problemáticas asociadas al espacio temporal de la oferta hídrica, puesto que las actividades antrópicas generan efectos adversos en la disponibilidad de los cuerpos de agua dulce, debido a que, el problema actual de la calidad de este recurso emana de las descargas de aguas residuales resultantes de los efectos adversos generados por el ser humano, que a su vez pone en riesgo la salud y bienestar de la población [1].

Ante ello, surge la necesidad imperativa de preservar este medio natural, ya que, el agua es fuente vital para la existencia de la vida y el desarrollo social del ser humano, por lo cual, la demanda de este recurso debe proveer soluciones asociadas hacia alternativas de tratamiento de las aguas residuales con el fin de minimizar y prevenir posibles problemáticas ambientales asociadas la salubridad de las poblaciones quienes se abastecen de este recurso [1].

Las actividades agrícolas tienen gran incidencia en la polución hídrica, actualmente, una de ellas es la transformación del fique, puesto que, ocupa grandes cantidades de volumen de agua [2]. Este trabajo inicialmente, se enfatizó en la recopilación de información mediante visitas a campo en las diferentes veredas donde se realiza esta actividad agrícola y mediante la ejecución de una matriz de Leopold se evaluó las magnitudes de cada impacto causado por la producción y transformación de fique.

Con base a ello, se logró analizar que en estos sectores los productores de esta fibra natural, realizan procesos tradicionales para la obtención de la misma, lo cual, hace partidario que los subproductos generados no sean aprovechados y generen problemáticas ambientales y de salubridad en las poblaciones cercanas, debido a la descarga directa de las aguas residuales generadas.

Por lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es formular una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales provenientes del proceso productivo de esta hebra natural, mediante la gestión ambiental del recurso encaminado hacia la economía circular de los subproductos, con el fin de brindar un apoyo técnico en el dimensionamiento de prevenir posibles impactos ambientales en

zonas rurales del departamento del Cauca, deterioro del ecosistema acuático y la mitigación de problemáticas de salubridad en las poblaciones que se abastecen de los efluentes para su uso, especialmente aguas abajo del acueducto interveredal de la Rejoya.

PALABRAS CLAVES: Fitorremediación, economía circular, índice de calidad de riesgo, educación ambiental, contaminación hídrica.

ABSTRACT.

The interaction between the human being and the environment, is currently one of the main problems associated with the temporal space of the water supply, since the anthropologic activities make adverse impacts in the availability of freshwater bodies, because the current quality problem of this resource emanates from sewage discharges resulting of adverse effects generated by the human being, putting at the same time risk for health and welfare of the population [1].

Considering that, the imperative need to preserve this natural environment arises, since the water is a vital resource for the life existence and the social development of the human being, that's way this resource demand must provide solutions associated with sewage treatment in order to minimize and prevent possible environmental problems associated with the health of the residents that supply themselves with this resource [1].

The agriculture activities have a great impact on water pollution, currently one of them is the fique transformation, since this occupies large amounts of water volumes [2] Firstly, this assignment emphasized the collection of information through field visits in the different villages where this agricultural activity is carried out and by executing a Leopold matrix, the magnitudes of each impact caused by the production and transformation of fique were evaluated.

Based on this, it was possible to analyze that, in these sectors, the producers of this natural fiber, carry out traditional processes to obtain it, which makes it favorable that the by-products generated are not used and generate environmental and health problems in nearby populations, due to the direct discharge of the wastewater generated.

Therefore, The main objective of this degree project is to formulate an alternative for the sewage treatment from the production process of this natural strand, this through the environmental management of the resource aimed at the circular economy of derivatives, with the purpose of provide technical support in the measure of preventing possible environmental impacts in rural areas of the department of Cauca, the aquatic ecosystem damage and the health problems

mitigation in the population that are supplied with effluents for their use, specially downstream of the interveredal aqueduct of La Rejoya.

Key word: Phytoremediation, circular economy, risk quality index, environmental education, water pollution.

1. INTRODUCCION.

Las aguas superficiales en las últimas décadas han sufrido variaciones debido a múltiples acciones antropogénicas, alterando las condiciones físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico, lo cual, ha conllevado al deterioro del ecosistema acuático y pérdida de resiliencia de las cuencas hidrográficas [1] En Colombia, la mayor parte del sistema hídrico para el abastecimiento de agua de consumo humano en poblaciones rurales ha producido problemáticas de salubridad (enfermedades infecciosas y parasitarias) puesto que, a nivel nacional, no existe una normatividad que estipule los parámetros asociados al agua cruda. En el año 2015, se realizó un estudio respecto al (SIVICAP) y se estipulo que, solamente, el 23% de los municipios reciben el servicio de agua potable y es apta para consumo humano, lo cual denota que, en el país el sistema de abastecimiento de agua dulce en zonas rurales es de mala calidad [3].

Lo anterior, puede influir ante los incrementos de los usos desbordados de consumo de agua en actividades industriales, agropecuarias y agrícolas, como cultivos asociados a la caña de azúcar y fique. Este último precede de emplear el agua para realizar el lavado la fibra natural. Para tener un conocimiento más asertivo de las problemáticas asociadas a la actividad agrícola, se describe que, la fibra natural del fique, proviene de fuentes naturales renovables en América Latina. En Colombia, se encuentra en abundancia y en diferentes tipos de especies, generando aproximadamente 11200 empleos anuales en más de 17.000 Ha de cultivo distribuidas en diferentes departamentos del país, principalmente en Cauca, Nariño, Santander y Antioquia, los cuales producen el 98 % de la fibra en el país [3], [4].

Así pues, el fique se ha convertido en una alternativa amigable con el medio ambiente encaminado hacia la sustitución de las fibras derivadas del petróleo para el embalaje para los productos agrícolas del país, puesto que, el fácil acceso a la fibra natural (cabuya) debido al bajo costo en el proceso de la obtención y biodegradabilidad de sus subproductos, alta dureza y buenas propiedades termo protectoras e impermeabilidad [5], han sido implementadas en la elaboración de cordales, empaques y textiles dentro del país.

Finalmente, para la obtención de esta fibra, se emplean volúmenes extensos de recurso hídrico para realizar el proceso de lavado de la fibra natural del fique para que esta, finalmente pueda ser empleada en el proceso artesanal, por lo cual, en este trabajo de grado, surge la formulación de la alternativa asociada al tratamiento de las aguas residuales provenientes del proceso productivo del fique, con el fin de implementar estrategias para la disminución de la problemática y mitigar posibles incidencias ambientales ocasionadas por el vertimiento directo del licor verde sobre efluentes cercanos a los predios donde se realiza esta actividad.

1. CAPITULO 1.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La producción de fibra natural de cabuya en Colombia es una de las principales cadenas de agroindustria de empaques que beneficia la economía del sector campesino a nivel nacional, tanto a nivel productivo como en incentivar la formulación y ejecución de alternativas en lineamientos de investigación para la implementación de tecnologías en base a la producción más limpia de la fibra natural [6].

Es preciso tener presente que, esta actividad se realiza en sectores del país donde las limitaciones económicas influyen en el tipo de procesos que se emplean para la transformación de la hoja de fique a fibra natural, puesto que, gran parte del proceso de transformación requiere del uso del agua para eliminar sustancias nocivas como la savia, las cuales “contienen azúcares, ácidos grasos, además, su pH que oscila entre las 4 y las 5 unidades los cuales generan diferentes efectos en los organismos y afluentes” [6].

Lo anterior, ocasiona diferentes problemáticas ambientales ya que, solamente se emplea el 4% de la hoja de fique para la obtención de la fibra natural, mientras que el 96% restante se convierte en un 30% residuo bio sólido y 70% lixiviados los cuales alteran el ciclo de vida del recurso hídrico [7]. En Colombia, aproximadamente son producidas 1,37 t/ha-año de fibra, las cuales generan alrededor de 12,5 t/ha biomasa y 4,5 t/ha lixiviados [8], siendo estos catalogados como el principal factor de alteración al recurso hídrico debido esta actividad productiva, ya que, el lavado de la fibra natural se realiza en las fuentes hídricas cercanas a las fincas productoras por parte de los cultivadores en departamentos de Nariño, Cauca, Santander y Antioquia, los cuales emplean aproximadamente 0.004 m³/agua por 1kg/fique en un período aproximadamente de 30 minutos generando alteraciones en el ciclo natural de los torrentes ya sea a nivel superficial, escorrentía, y/o infiltración [9], [10].

Las propiedades físico químicas de los jugos residuales del fique contienen altos contenidos en sacarosa, glucosa, y proteínas sapogeninas, los cuales causan disminución del oxígeno disuelto en el agua, tal como se evidencio en el

corregimiento de Paniquita, municipio de Totoró en el que se presentaron niveles de 2,3 mg/L [11] y [12].

Actualmente, el departamento del Cauca ocupa el segundo lugar con un 39% de producción y siembra a nivel nacional, ante ello, la problemática con base en el lavado directamente en las aguas superficiales de la fibra natural en los sectores de las veredas san Juan, El Canelo, La Laguna y Guacas ubicadas en Popayán, ocasionan un impacto y deterioro ambiental debido a que los vertimientos de esta actividad generan alteraciones en los parámetros físico químicos, leve acidificación del pH y sectores con coloración tipo verdosa [13], además, los coliformes fecales según lo evidencia un informe realizado por el laboratorio del Acueducto de Popayán S.A.E.S.P en estas dos quebradas, superan el máximo límite de 20.000 NP/100 ml según lo establece el decreto 0631/2015 [14].

Finalmente, es importante resaltar que los vertimientos producto de esta actividad agrícola realizada en zonas rurales, afecta directamente el abastecimiento del recurso hídrico para una población aproximada de 600 personas aguas abajo entre las veredas la Laguna y Belasquillo, puesto que, esta actividad los figueros la realizan directamente en las micro cuencas Agua Bonita y La Laguna. Además, este proceso de transformación los productores la ejecutan dependiendo cuantas veces realicen el proceso de desfibrado semanal en tiempo de cosecha, puesto que, si realizan las actividades de corte y desfibrado 2 veces a la semana, se tiene que lavar la fibra ya que, si no se realiza dicho proceso, esta tiende a deteriorarse debido a los jugos que genera la penca.

Por tal motivo, se hace necesario implementa soluciones viables para prevenir y mitigar problemáticas de salud pública y el detrimento de los ecosistemas mediante iniciativas de producción más limpia en representación de alternativas sostenibles para la población de esta localidad.

1.2 JUSTIFICACION

En la actualidad, la implementación de alternativas para producción más limpia en cuanto a la transformación de la fibra natural del fique se ha vuelto necesaria para dar solución a las diferentes problemáticas que se generan ante la fuerte demanda sobre el recurso hídrico, debido a la falta de racionalización en su uso en base a los procesos de fermentación y lavado, así pues, la ausencia de mecanismos de regulación y control de los subproductos, en este caso las aguas residuales que se obtienen de tal proceso agroindustrial, generan degradación ambiental en espacio y tiempo en el ecosistema [15] [16].

A consecuencia de la producción fiquera, nace un proceso de gestión para dicha problemática tanto a nivel nacional como a nivel regional, mediante alianzas de la cadena productiva que asocien la producción y comercialización del fique, con una adecuada gestión en base a la disposición de los subproductos según su clasificación, buscando la optimización de la cadena de pos consumo de los subproductos asociados hacia mercados verdes en la elaboración de compost y/o fertilizantes en para cultivos agrícolas [17]. Es de gran importancia resaltar que, según estudios previos “los residuos líquidos del proceso fiquero, son considerados como promisorio tema de investigación gracias a sus propiedades herbicidas y pesticidas y por las hecogeninas que contiene, de gran importancia y valor comercial en la industria farmacéutica” [18].

El departamento del Cauca, es uno de los principales productores de fique a nivel nacional, debido a la tradición cultural que representa en el territorio de las comunidades indígenas y campesinas que tienen por vocación este tipo de cultivo [19] puesto que, de dicha actividad agrícola se desprenden algunos ingresos económicos de sus núcleos familiares y por ello, se pretende adoptar la formulación de la alternativa asociada al tratamiento de las aguas residuales provenientes del proceso productivo de la cabuya, la cual, va encaminada hacia potencializar el sistema de producción y transformación mediante la implementación de un plan estratégico a nivel de las veredas Las Guacas, La Laguna, el Canelo, San Juan en las cuales, los factores socio ambientales y económicos estén asociados en pro de la gestión de los recursos naturales.

Así, pues, es evidente las desventajas que se desencadenan de este proceso productivo, por ello, la división ambiental de AAPSA S.A. E.S.P. pretende formular una alternativa para el tratamiento de las aguas mieles generadas en el proceso de producción del fique en las veredas mencionadas anteriormente, en el municipio de Popayán, debido a la problemática que ocasiona la alteración en el medio ambiente y el ciclo de vida de los efluentes que aguas abajo abastece a las comunidades aledañas a las veredas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

Formular una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el proceso productivo de la cabuya, en el sector de la vereda San Juan, municipio de Popayán.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Caracterizar la producción de cabuya en las veredas San Juan, La Laguna, El Canelo y Huacas, municipio de Popayán.
- Determinar el impacto ambiental generado por la contaminación de las aguas residuales provenientes del proceso productivo de la cabuya.
- Plantear una alternativa para el manejo de las aguas residuales generadas en el proceso de la producción de cabuya.

CAPITULO 2

2 MARCO REFERENCIAL

Este capítulo del proyecto aborda una temática en relación a conceptos, y antecedentes que asocian el enfoque de la problemática descrita en el presente trabajo de grado, con el fin de sustentar el objetivo de la propuesta para la formulación de la alternativa de tratamientos de aguas residuales provenientes de procesos productivos de la Cabuya; finalmente, un marco legal a partir de la normatividad ambiental en Colombia.

2.1 MARCO CONCEPTUAL.

2.1.1 Producción más limpia.

La producción más limpia, es la aplicación continua de implementar estrategias y metodologías para la prevención y/o mitigación de los procesos, productos y servicios de los impactos negativos generados ante el medio ambiente y el ser humano [20].

2.1.2 Biomasa húmeda residual.

Se entiende por biomasa residual, a los vertidos denominados biodegradables, procedentes de las actividades agropecuarias, ganaderas y aguas residuales domésticas [21].

2.1.3 Coliformes fecales.

Los coliformes fecales, también denominados bacterias Gram Negativas en forma bacilar, se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y actúa como un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano [22].

2.1.4 Impacto ambiental.

Alteración en el ecosistema, con implicaciones positivas o negativas, ocasionada por las actividades antrópicas generadas a gran o pequeña escala por el ser humano [23].

2.1.5 Saponinas.

Las saponinas son compuestos orgánicos que se encuentran en diversas plantas y/o legumbres, sus propiedades se caracterizan por ser glucósidos (azucares)

anfílicos, al tener contacto con soluciones acuosas se produce una espuma persistente, estudios previos han caracterizado a las saponinas como sustancias tóxicas, ya que crean complejos esteroides [24].

2.1.6 Fique.

El fique es una planta denominada como fibra dura, de células largas y múltiples que se extienden a lo largo de sus tejidos carnosos de las hojas, estas, son largas, angostas carnosas y de color verde, el ancho de las hojas maduras varía entre uno y dos metros [11].

2.1.7 Aguas residuales.

Aguas servidas o utilizadas para cualquier uso benéfico de origen doméstico o no doméstico, las aguas residuales se clasifican en dos tipos tales como aguas residuales domésticas industriales y comerciales [25].

2.1.8 Índice de calidad de agua para consumo humano (IRCA).

El índice de calidad de agua para consumo humano es el grado de riesgo que se emplea para interpretar los resultados de una toma de muestra de un efluente, de tal forma que, permita resolver la magnitud de afectación de la calidad de agua con el no cumplimiento de las características físicas, químicas y microbiológicas de agua para consumo humano [26].

2.1.9 Contaminación hídrica.

La contaminación de los efluentes acuáticos se ve reflejada por la acción directa e indirecta de las actividades antrópicas ya sean sustancias o energía, lo cual, se ve reflejado en el ecosistema acuático como daños en los organismos vivos, efectos sobre la salud humana y abastecimiento de agua para la industria o poblaciones [27].

2.1.10 Agua cruda.

La definición de agua cruda se infiere del agua en estado natural (lluvia, ríos, océanos o aguas subterráneas) que no han recibido ningún tratamiento ni se han modificado sus condiciones de su estado natural [27].

2.2 ANTECEDENTES.

Para el desarrollo de la alternativa de tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos productivos de la Cabuya se han tomado casos de éxito a nivel nacional y departamental, dentro de las cuales se destacan los siguientes:

Autores como G. Taborda O, V. Zuluaga R, L. Paloma P, y J. Penagos González [28] plantearon una alternativa en el municipio de Caldas, en base a métodos electro analíticos, empleando como metodología una celda electroquímica en función de electro coagulación, la cual, remueve el contenido de materia orgánica que se desarrolló en las aguas miel del lavado del fique, con el fin de prevenir o mitigar el impacto ambiental que altera las condiciones del recurso hídrico asociado a una alternativa biotecnológica para mitigar la contaminación en los efluentes hídricos.

En el municipio de Totoró - Cauca, se realizó esta investigación, con el fin de generar alternativas de manejo para disminuir la problemática que se presentó en el sector en cuanto a las aguas residuales generadas del proceso producto del fique en el río Molino, sector Paniquita – Cauca [29], para lo cual, se plantearon 4 alternativas de manejo, inicialmente se sugirió ubicar el proceso de transformación del fique en el sector central del predio de estudio, para reducir el esfuerzo del productor y mejorar las condiciones de los procesos.

Para la alternativa 2, inicialmente, se realizó un proceso de modelación en el cual, se estipuló mediante la ecuación de balance de materia establecer la cantidad de Litros de agua que se emplean para el proceso de lavado, se obtuvo finalmente el dato de 551,65 Litros de agua residual de fique, por lo cual, la alternativa que se planteó con base a estos datos de referencia fue emplear tanques plásticos con una capacidad de 600 L con el fin de realizar dicho proceso en ellos con el fin de que esta, sea empleada para riego de cultivos y fertilizantes en el mismo predio.

La tercera alternativa se basó en no realizar el proceso de lavado, solamente eliminar mediante reposo la celulosa de la fibra, y finalmente, la última alternativa

consistió en que las aguas residuales generadas por dicha actividad, se emplee como estabilizador químico para suelos.

De igual manera, a nivel local, A. Arias Hoyos, A. Ramírez, V. A. Fernández, y N. E. Sánchez [30], plantearon una alternativa mediante un proceso biológico asociado a la fitorremediación empleando la lenteja de agua (*Lemma minor*) y en función de lo planteado, se realizó a escala piloto una caracterización de parámetros físico-químicos como DBO₅, DQO, SST, nitrógeno y fósforo en el sector del río las Margaritas, Silvia- Cauca, con el fin de obtener un porcentaje de remoción válido en proporción a una eficacia entre 0 a 100% para mitigar el impacto en el recurso hídrico.

Finalmente, la bibliografía referente ante la problemática del lavado del fique en este departamento es encabezada a la determinación de impactos ambientales generados en la cadena productora (Subproductos) tal como lo menciona *Lilian Camila Trujillo Cruz*, la cual, realizó un estudio en el Municipio de El Tambo, Cauca, y planteo algunas alternativas para el manejo de los residuos generados dentro del proceso productivo [31] Así mismo, *Danna Jurley Gómez Ordoñez*, expuso una temática en base a un “Diagnóstico ambiental y formulación de alternativas de PML para las fincas productoras de Fique en el Municipio de Caldono, Cauca” [32].

Por lo anterior, este proyecto se convierte en un referente más ante los parámetros de saneamiento ambiental que actualmente rige el ministerio de ambiente para prevenir y mitigar dicha problemática debido a la alteración del recurso hídrico; adicionalmente, es un gran avance en cuanto a la mejora de las condiciones idóneas de las buenas prácticas para suministro del agua potable y el bienestar de toda la población.

2.3 MARCO LEGAL

Tabla 1: Marco legal.

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
RESOLUCIÓN 622/2020	“Por la cual se adopta el protocolo de inspección y vigilancia y control de calidad del agua para consumo humano suministrada por personas prestadoras del servicio público domiciliario de acueducto en zona rural, y se dictan otras disposiciones” [33].
DECRETO 2811/1974	“Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” [34].
CODIGO SANITARIO NACIONAL	<p>TITULO I: DE LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.</p> <p>Art 4º.- El ministerio de Salud, establecerá cuales usos que produzcan o puedan producir contaminación de las aguas, requerirán su autorización previa a la concesión o permiso que otorgue la autoridad competente para el uso del recurso [35].</p> <p>Art 57 º.- Las entidades encargadas de la entrega del agua potable al usuario velarán por la conservación y control en la utilización de la fuente de abastecimiento para evitar el crecimiento inadecuado de organismos, la presencia de animales y la posible contaminación de otras causas [36].</p>
CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA	<p>TITULO I / DE LOS PRINCIPIOS FUNDAMENTALES.</p> <p>Artículo 8 º.- Es obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y nacionales de la región.</p> <p>Art 79 º.- Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La Ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo [36].</p>
RESOLUCION 1385/2010	“Por la cual se promueve el uso de fibras naturales en el desarrollo y/o ejecución de proyectos y/o infraestructura de transporte” [37].

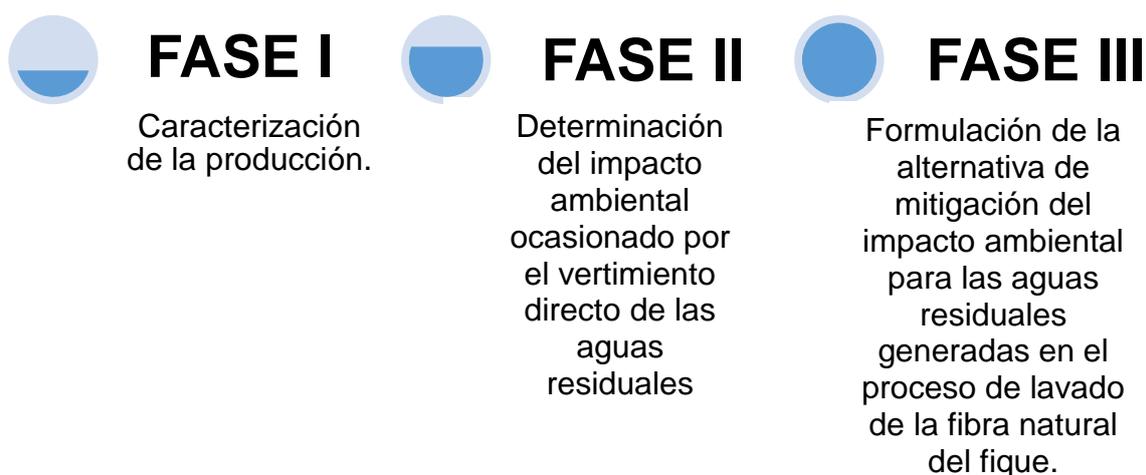
Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO 3

3 METODOLOGIA

La metodología para la formulación de la alternativa de tratamiento para aguas residuales provenientes de procesos productivos de la cabuya, se representó en 3 fases y son sub divididas en actividades, tal como se evidencia en la figura 1.

Figura 1: Fases de la metodología.



Fuente: *Elaboración propia.*

3.1. FASE I. CARACTERIZACION DE LA PRODUCCION.

3.1.1. ACTIVIDAD 1. Descripción del área de estudio.

Inicialmente, como primera actividad se planteó realizar una reunión con los funcionarios de la división ambiental de AAPSA S.A E.S.P. y con base a ello, formular los sitios donde se va a llevar a cabo el levantamiento de información, debido a la problemática que se desarrolla entre la pro cuenca río Piedras y cuenca río Palace.

Se debe tener en cuenta que, las aguas residuales generadas en el proceso de transformación de la fibra natural del fique, tienen incidencia en las quebradas Agua Bonita y La Laguna, las cuales, abastecen el acueducto veredal de las comunidades rurales aguas abajo. Además, es de gran importancia resaltar que, estos cuerpos de agua desembocan en el río Blanco, al norte de la ciudad de Popayán, y este arroyo, pertenece al plan de ordenación y manejo de la parte alta de la sub cuenca hidrográfica Río Palace.

Debido a los lineamientos que se plantearon por la jefa de división ambiental y la problemática que se desarrolló, se delegaron dos supervisores, los cuales estipularon los puntos de muestreo en la zona y las fincas y/o predios para la recolección de información en las 4 veredas designadas.

Tabla 2: Predios a encuestar en cada vereda.

Veredas	Predios a encuestas en cada vereda
Las Guacas	3
El Canelo	4
La Laguna	5
San Juan	6

Fuente: *Elaboración propia.*

Con base en la información suministrada en la tabla 2, el total de predios a encuestar fueron 19 en toda la zona de estudio. Esta actividad tuvo como finalidad delimitar la zona del impacto generado por el proceso de transformación de la fibra natural de la cabuya, con el objeto de conocer los predios en los cuales, se presenta mayor densidad de cultivo de fique y delimitar mediante sistemas de información geográfica (ver anexo 4) los puntos en los que se presenta esta actividad agra en la micro cuenca río Piedras y cuenca río Palace.

3.1.2 ACTIVIDAD 2. Levantamiento de la información y caracterización del proceso productivo.

Inicialmente, se tuvo en cuenta la determinación de la muestra a encuestar puesto que esta, estuvo delimitada a cargo de la jefa de división ambiental debido al límite de tiempo del proyecto, por lo tanto, ante la información descrita en la tabla 2, se realizaron visitas de campo para reconocer las zonas de estudio; seguido a ello, se implementó un modelo de encuesta para la recolección de información, dicho modelo de encuesta fue diseñado en la ejecución del presente trabajo de grado y los respectivos ajusten estuvieron a cargo del supervisor otorgado por la entidad donde se realizó la pasantía.

La aplicación de la encuesta se desarrolló entre los meses de octubre y noviembre del año 2021 en compañía de un contratista delegado por parte de la división ambiental del AAPSA para el recorrido entre predios campesinos y para recolección de información en el sector de resguardo indígena.

En campo, se llevó a cabo la socialización de la misma con aproximadamente 39 preguntas, la cual, constó de preguntas sobre información general del propietario del predio, información primaria que suministró la comunidad tal como el número de familias que realizan dicha actividad económica, número de siembra (densidad), tipo de clasificación de los subproductos sólidos para otra actividad económica.

Finalmente, se tuvo en cuenta la información asociada a los procesos de producción mensual en la transformación de la materia prima e insumos, tipo de cabuya como resultado final ya sea fina, ordinaria o corta tal cual como se puede observar en el anexo 6.

Esta actividad se desarrolló con el propósito de recolectar información acerca del proceso productivo de la fibra natural del fique en estos sectores del municipio de Popayán para futuras investigaciones que se desarrollen asociadas a esta problemática ambiental.

3.1.3 ACTIVIDAD 3. Consumo y generación de las aguas residuales.

Para determinar el consumo de agua empleada para el lavado de la fibra natural en la zona de estudio, se planteó la siguiente metodología con el fin de recolectar información acerca de cada técnica que los fiqueros realizan en campo.

Inicialmente se clasificaron 3 grupos, los cuales estuvieron catalogados como: predios en los que se presenta el cultivo de fique, pero no se ejecuta el proceso de transformación de la hebra natural, los cuales no se tuvieron en cuenta a la hora de realizar cálculos en cuanto al área de siembra o volumen de agua empleado para el proceso de lavado.

El segundo grupo se catalogó como lavado en pozos convencionales, en ella, se realizó una clasificación y selección de predios, para lo cual, se definieron 4, tomando información relevante como las áreas de cultivo de fique, área total de los predios, el número de plántulas cosechadas, tipo de siembra del cultivo de fique y cantidad de producción por cosecha como productivo final.

Como primera actividad, para hallar el área de cultivo de fique en cada predio donde se realiza lavado en pozos, se determinó la distancia entre calle de cultivo de fique y la distancia entre las plántulas, además, se tuvo en cuenta el área total

del predio y en su defecto, el número total de plántulas; por consiguiente, se formuló la siguiente ecuación 1.

Ecuación 1: Cálculo del área de siembra.

$$\text{Área de siembra} = \text{número de plantas} * \text{área de planta}$$

Fuente: Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que esta ecuación, también se empleó para determinar el área de siembra de cultivo de fique (m²) en los predios donde se efectúa el lavado directamente sobre las micro cuencas Agua Bonita y La Laguna. Por tal motivo, la recolección de información inicial de las fincas productoras se realizó en la siguiente tabla 3.

Tabla 3: Información para tener en cuenta de fincas productoras de fique

Predio	Vereda	# Plantas	Distancia Plantas	Área de siembra de cultivo de fique (m ²)
Área total de fique (m²)				

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el volumen de agua empleados para realizar el lavado en este grupo, se recolecto la información (ver tabla 4) de cada una de las fincas en cuanto a las dimensiones del pozo.

Tabla 4: Información para tener en cuenta del volumen de agua total empleada en pozos convencionales.

Predio	Grupo Étnico	Dimensiones de los pozos			V (m ³)	L de agua empleados para lavado de la fibra natural del fique
		L (m)	A (m)	Prof. (m)		
Volumen de agua total empleada para lavado de fique en pozos convencionales(L)						

Fuente: Elaboración propia

Con base en la información (ver tabla 3,4) asociada a la relación en cuanto a la producción de fique y el volumen de agua empleada para la actividad del lavado, se realizó un análisis con el fin de estudiar los datos de consumo y su importancia respecto a la contaminación del recurso hídrico.

El lavado directamente sobre el recurso hídrico, se realiza únicamente en la vereda la Laguna, debido a que es la única que emplea el método de la manera directa en los efluentes (agua Bonita y la Laguna) las cuales pertenecen a la subcuenca río Palace, es importante tener en cuenta que, estos dos torrentes abastecen aguas abajo al acueducto veredal la Rejoya. Al realizar el lavado de fibra natural directamente sobre las quebradas y es desarrollado a través de la construcción de presas que permiten la retención de volúmenes de agua necesarios para ese proceso sus dimensiones varían en cuanto al flujo de producción de fique. Cabe mencionar, que no se pudo obtener información en cuanto al volumen empleado en el proceso de lavado, sin embargo, autores como Barrera et al., refieren que, es necesario el uso de 4litros de agua por kg cada kilogramo de fique en un proceso de lavado de duración aproximada de 30 minutos [10].

Cabe mencionar que, para identificar el consumo de agua en el proceso de lavado semanal, se debe conocer, la cantidad de fique producido en este lapso de tiempo, no obstante, esta información no fue suministrada por los productores que realizan este tipo de lavado, sin embargo, para efectos prácticos se realiza una aproximación de la información recopilada en los predios de producción que realizan el lavado en pozos convencionales, donde se contempla que por cada 34.500 m² se obtiene una producción 240kg de fibra natural. De manera que, los datos mencionados con antelación, se convierten en punto de referencia para realizar los cálculos, y con base a ello estimar en análisis de resultados.

A continuación, se plantea una matriz para el registro de información de los predios, número de plantas y punto de georreferenciación donde realizan el lavado directamente en las quebradas ver tabla 5.

Tabla 5: Información para tener en cuenta del volumen de agua total empleada en las micro cuencas Agua Bonita y La Laguna.

Predio	A total del predio (m ²)	Área del cultivo	Producción aprox.	Volumen de agua empleada por lavado	Quebrada
		(m ²)	Kg/semana	L/semana	

Fuente: *Elaboración propia*

Mediante la recopilación de esta información, se realizó una comparación en cuanto a la información asociada al volumen de agua empleado en pozos convencionales y el lavado directamente sobre el recurso hídrico.

3.2 FASE II. Determinación del impacto ambiental ocasionado por el vertimiento directo de las aguas residuales.

Se debe tener en cuenta que este es el tercer grupo que se planteó en cuanto a los grupos de consumo y generación de aguas residuales. Para el desarrollo del proyecto, se debe tener en cuenta que la fase II va asociada hacia al impacto ambiental generado de la afectación del proceso de lavado de la fibra natural del fique sobre el recurso hídrico, para lo cual, se han planteado las siguientes actividades a desarrollar:

3.2.2 ACTIVIDAD 1. Identificación de los puntos de muestreo.

A partir de la visita a las zonas de estudio, se identificaron los puntos de las descargas en las fincas productoras, por tal motivo, a cargo de los supervisores de la entidad, se concluyó que, la toma de muestras para el proyecto se iba a realizar aguas abajo del punto donde se realizaba el lavado de la fibra natural, debido a delimitantes de presupuesto para realizar la toma de muestras en cada finca productora.

Mediante el sistema de información geográfica (Locus Map) se determinaron los puntos de referencia de cada predio, las distancias aproximadas entre los puntos de descarga y los puntos donde se realizaron los muestreos en cada micro

cuenca para así, poder estimar el índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) en cada punto donde se toma la muestra.

3.2.3 ACTIVIDAD 2. Caracterización físico química y microbiológica.

Se debe tener en cuenta que, antes de la toma de muestras en campo se tiene que realizar la reserva del laboratorio de la entidad para la entrega de muestras y su respectivo análisis, por lo tanto, para realizar el índice de riesgo, inicialmente, se formalizó una solicitud de pruebas de laboratorio de muestras de agua AAPSA para verificar las condiciones de parámetros físico químicos y microbiológicos de las fuentes superficiales Agua Bonita y La Laguna por posible contaminación con vertimientos por lavado de la cabuya.

A su vez, se realizó la solicitud de análisis en laboratorio de los siguientes parámetros (tabla 6), puesto que, en campo no se realizó la toma de ninguno de ellos y con base en los resultados, se estimó que índice de riesgo se asociaba más en cuanto a los parámetros establecidos en laboratorio.

Tabla 6: Parámetros a analizar en laboratorio AAPSA.

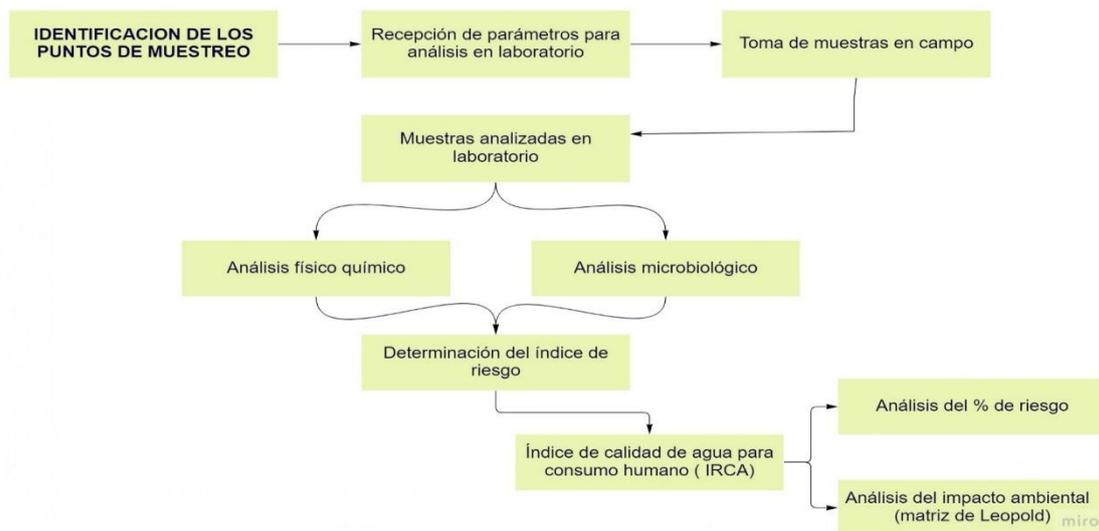
Parámetro	Unidad
FÍSICO QUÍMICOS	
Alcalinidad total	mg CaCO ₃ /L
Aluminio	mg Al/L
Cloruros	mg Cl/L
Color Aparente	PCU
Conductividad	μS/cm
Dureza total	mg CaCO ₃ /L
Fluoruros	mg F/L
Hierro	mg Fe/L
Nitritos	mg NO ₂ /L
Nitratos	mg NO ₃ /L
Turbiedad	NTU
pH	Unidad de pH
Sulfatos	mg SO ₄ /L
MICROBIOLÓGICOS	
Coliformes totales	NMP/100 ml
E- Coli	NMP/100 ml

Fuente: *Elaboración propia.*

Cabe señalar que los parámetros como: Calcio, Fosfatos, Manganeso, Molibdeno, Magnesio, Zinc y Oxígeno disuelto corresponden a los que no fueron

tenidos en cuenta por parte del laboratorio para realizar el respectivo análisis y, por lo tanto, no se tuvieron en cuenta en el análisis del índice de riesgo, por lo cual, el total de parámetros físico químicos analizados corresponden a 13 y microbiológicos 2.

3.2.4 ACTIVIDAD 3. Toma de muestra y análisis de resultados.



Fuente: *Elaboración propia.*

La toma de muestras se ejecutó el día 19 de octubre del año 2021, a cargo de los delegados de la división ambiental en el proyecto, cabe aclarar que, se tomaron dos tipos de muestras para cada microcuenca, debido a que el respectivo análisis de los parámetros (físico químicos y microbiológicos) fue analizado en el laboratorio de la entidad AAPSA S.A. E.S.P.

Los dos tipos de muestras, fueron captadas de efluentes de agua natural sin presencia de algún tipo de tratamiento aguas arriba de la bocatoma del acueducto interveredal la Rejoja, los muestreos ejecutados fueron puntuales en los dos sitios de acceso.

En cuanto a la colecta de las muestras puntuales, se realizaron bajo la normatividad del IDEAM y directrices que estableció el Acueducto de Popayán.

El análisis de resultados se llevó a cabo por el mismo laboratorio de la entidad donde se realizó la pasantía, para lo cual, la metodología para el análisis de estas, se desarrolló bajo los lineamientos de la normatividad que presta la sociedad Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P. mediante un

método estándar para agua cruda y aguas residuales, además este laboratorio es autorizado para la realización de análisis según la resolución N° 2625 del 27 de septiembre del 2019 a cargo del ministerio de salud y protección social [38].

3.2.5 ACTIVIDAD 4. Determinación del índice de riesgo.

Debido a los contratiempos ante los parámetros para la toma de muestras otorgado por el acueducto AAPSA, se realizó el índice de calidad IRCA, conforme a los parámetros que se establecen en la resolución 2115/2007 y permitieron evaluar el estado de los efluentes.

Ecuación 2: *Determinación del IRCA.*

$$IRCA (\%) = \frac{\Sigma \text{ puntajes de riesgo asignado a las características no aceptables}}{\Sigma \text{ puntajes de riesgo a todas las características analizadas}} * 100$$

Fuente: Tomado de “Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial”, por Ministerio de la protección social, 2007 [14].

Mediante esta fórmula, se adoptó el paso a paso para determinar el índice de riesgo según la normatividad vigente en cuanto al índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano.

Es importante resaltar que, para determinar el valor de los SDT, se determinó una correlación en base al parámetro de conductividad para hallar el valor de los sólidos disueltos totales en unidades de mg/L, pues, autores como F. Rusydi Anna et al., refieren que, existe una correlación matemática teórica entre estos dos parámetros, debido a que, cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en un torrente hídrico, mayor será la estimación de conductividad eléctrica y con ello, se permitió la interpretación en cuanto a la relación existente entre sus variables y predecir un valor aproximado de modelo, para los SDT [39].

Además, la concentración de los SDT en aguas para consumo humano, es de gran importancia, pues, la materia orgánica e inorgánica no sedimenta y no son fáciles de remover en condiciones naturales [40] , por lo que, a nivel de consumo humano en sectores rurales, son una de las principales causas de las alteraciones en los ecosistemas acuáticos en parámetros físicos alterando la sanidad pública de los habitantes ante el uso del recurso.

Para establecer el valor aproximado en cuanto a los TDS, se utilizó la siguiente ecuación 3 teórica:

Ecuación 3: *Correlación de conductividad con sólidos disueltos totales.*

$$TDS \left(\frac{mg}{L} \right) = K * EC \left(\frac{\mu S}{cm} \right)$$

Fuente: *Adoptado de McNeil, V., Cox, M. et al. [41].*

En la que:

TDS: Sólidos disueltos totales (mg/L)

K: Factor de correlación

EC: Conductividad ($\mu S/cm$).

Por lo tanto, se adoptó el paso a paso para determinar el índice de riesgo según la normatividad vigente en cuanto al índice de riesgo de la calidad de agua para consumo humano. Es importante resaltar que, para aguas dulces, varía el factor en cuanto al referente de conductividad, pues, según los autores, McNeil, V., Cox, M. et al., establece que, la variación de los factores de correlación de TDS/Conductividad para agua dulce, puede variar entre 0,5 a $\geq 1,00$ [41].

Finalmente, el índice de riesgo se desarrolló mediante un análisis cualitativo con el fin de determinar la clasificación de los posibles usos del agua de las micro cuencas Agua Bonita y La Laguna.

3.2.6 ACTIVIDAD 5. Aplicación de la matriz de Leopold.

El diagnóstico ambiental ocasionado por las aguas residuales generadas del proceso productivo del fique, se determinó mediante la aplicación de una matriz de Leopold en la cual, se identificaron los impactos ambientales ocasionados por esta actividad productiva, con el fin de obtener una interacción causa- efecto ambiental mediante una valoración cualitativa con respecto a los componentes del medio y sus características.

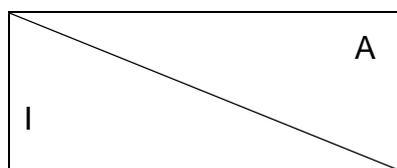
Los aspectos que se tuvieron en cuenta en la metodología de esta matriz de Leopold se desarrollaron con base en la descripción de las zonas de estudio, inicialmente, las características socio culturales y económicas, uso del suelo, factores culturales, el ambiente físico, biológico, tipos de impactos que se

desarrollan en base a la producción y transformación del fique, en las que se encuentran fases, actividades o acciones del corte, lavado, fermentado y transformación en las que correlacionan el recurso hídrico, pérdida de fertilidad del suelo y otros aspectos ambientales [42].

Finalmente, las actividades se especificaron mediante la siguiente numeración y magnitud del impacto en base a su alcance y capacidad, además, se tuvieron en cuenta las acciones más significativas para la evaluación ambiental y estas, fueron clasificadas según el tipo de impacto que hayan representado en la zona de estudio ya sean directos, indirectos, moderados y/o graves. Para el desarrollo de esta matriz, se plantearon dos ejes, los impactos ambientales fueron clasificadas en filas y las actividades asociadas a esta actividad productiva en columnas. ver (anexo 3).

A continuación, se presentó el modelo de celdas de la matriz y la clasificación numérica en cuanto a la magnitud:

Figura 2: Modelo de celda matriz de Leopold.



Fuente: Elaboración propia.

Para obtener un resultado asertivo en base a lo mencionado anteriormente, la MAGNITUD se asoció a un tipo de clasificación dependiendo la causa- efecto ya sea negativo o positivo, de manera que, la numeración que se estableció cumple con los siguientes valores.

Tabla 7: Valores establecidos de ponderados para Matriz de Leopold.

VALORES ESTABLECIDOS DE PONDERADOS PARA MATRIZ DE LEOPOLD	
MAGNITUD	POSITIVO (+)
	NEGATIVO (-)
IMPORTANCIA	POSITIVO (+)
	NEGATIVO (-)
MAGNITUD DEL IMPACTO	VALOR
LEVE	1 – 5

MEDIA	5 – 5 – 6
ALTA	7 – 8- 9 - 10

Fuente: *Elaboración propia*

Finalmente, para delimitar y obtener un valor de los impactos asociados a esta problemática, en cada celda se delimito el grado de gravedad según los valores determinados (ver tabla 7) y se realizó la sumatoria en base a la magnitud de las actividades que se presentaron en las columnas de la matriz y la determinación del grado de los impactos que se presentan en las filas de la misma.

En cuanto a la discusión de la evaluación de los impactos ambientales, se realizó un análisis cualitativo mediante la interpretación de la numeración establecida en cada impacto con el fin de analizar las interacciones positivas y negativas para determinar qué principales factores de impactos son los de mayor relevancia en cuanto a las aguas residuales generadas del proceso productivo de la hebra natural del fique.

3.3. FASE III. Formulación de la alternativa de mitigación del impacto ambiental para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el proceso de lavado de la fibra natural del fique.

3.3.1 ACTIVIDAD 1. Estudio de las alternativas existentes en Colombia para el manejo de aguas residuales provenientes del lavado.

Se consultaron fuentes bibliográficas tales como artículos científicos, revistas de ingeniería, libros sobre calidad del agua y medio ambiente, artículos referentes a la problemática asociada para el manejo y tratamiento de las aguas residuales provenientes del lavado de la fibra natural y se analizaron las alternativas que se pudieran adaptar al contexto regional desde el punto de vista socioeconómico, ambiental y técnico los cuales contribuyan como mejor opción para el tratamiento de las aguas residuales en las veredas donde se presenta dicha problemática ambiental.

3.3.2 ACTIVIDAD 2. Formular una alternativa de tratamiento para las aguas residuales provenientes del proceso productivo de cabuya.

En primera instancia, debido al contexto de contaminación del recurso hídrico y otras actividades que se generan ante la producción y transformación de la fibra

natural del fique, se pretende la formulación de alternativas encaminadas hacia la gestión ambiental, puesto que, es la base principal de todo el proceso productivo en cuanto la iniciativa de ejecutar buenas prácticas para producción más limpia de la fibra natural, mediante el uso sostenible del recurso y la calidad de vida de los productores, seguido a ello, otra alternativa que se desarrollo es la encaminada hacia la reutilización del bio sólido generado en el proceso de transformación de la fibra natural del fique enfocado hacia la mitigación y reducción del impacto ambiental generando un incentivo en cuanto a la economía de los productores.

Para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de este sistema productivo, se plantearon diferentes metodologías que se pueden abordar en cuanto a la prevención y mitigación de esta actividad productiva, inicialmente, se tomó en cuenta la formulación de actividades asociadas a la educación ambiental con el fin de capacitar a la comunidad para contribuir con conocimientos y competencias necesarias en cuanto al desarrollo sostenible de la producción fiquera, seguido a ello, se plantearon variantes con el objeto de instaurar la reutilización de los subproductos y valorización del recurso autóctono de la zona de estudio, finalmente, se planteó un tratamiento biológico el cual consiste en disminuir la carga contaminante de materia orgánica, eliminación de patógenos y disminuir componentes que alteran el recurso hídrico por actividades antrópicas.

CAPITULO 4.

4 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la fase I, la cual está dividida en dos actividades y estas están clasificadas en ítems para abordar de una manera más específica la problemática asociada en cuanto a las aguas residuales generadas en el proceso de la transformación de la fibra natural del fique.

4.1 FASE I: Análisis de la caracterización de la producción.

4.1.1 División política de los corregimientos veredales de las zonas de estudio.

La problemática se desarrolla entre la cuenca río Piedras y parte de la cuenca río Palace, en el corregimiento de Quintana, identificado como el corregimiento 23 en el municipio de Popayán, en el cual, se encuentran ubicadas las veredas La Laguna, El Canelo, y San Juan, mientras que, en el corregimiento Las Piedras se ubica en la vereda Las Huacas [43], como se muestra en la figura 4.

hidrográficas que se presentan son, las quebradas y riachuelos que recaen sobre río Piedras y que sirven como fuente de abastecimiento en algunos acueductos interveredales, cabe señalar que sobre río Palace recaen las quebradas La Laguna y descarga Agua Bonita las cuales los figueros de la vereda La Laguna realizan el lavado directamente de fique.

Usos del suelo:

El uso del suelo se caracteriza por actividades agrícolas, pecuarias y forestales, entre las actividades económicas que se desarrollan en el sector, se encuentran la ganadería y la piscicultura, puesto que, estas dos han brindado alternativas al sustento económico de las familias y la inclusión de las buenas prácticas ambientales en cuanto a la conservación del uso de suelo pastoril, senderos ecológicos en los predios y el manejo del recurso hídrico del Río Piedras que ha servido como fuente abastecedora para los pozos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en algunas veredas aledañas.

Fotografía 1: *Estanques de piscicultura, predio La Lomita.*



Fuente: *Elaboración propia.*

Extensión de cultivos:

Otras prácticas agroeconómicas de menor escala que se evidencian en estos sectores son los cultivos de maíz, hortalizas tales como: como lechuga, acelgas, tomate de cocina, espinaca, tubérculos, aguacate, mora, zanahoria, criaderos de cuyes, conejos, café, fresas, gallinas, pollos, cerdos, los cuales, los días lunes y

viernes se venden entre la población y mercados de la ciudad de Popayán. Asimismo, se destaca en las veredas del Canelo y la Laguna el uso de suelos para cultivos de bosque plantado, extracción de leña y comercialización de madera y abono de carbón los cuales causan degradación y deterioro del entorno.

En cuanto al cultivo del fique, tanto en el sector campesino como en el resguardo indígena, existe presencia del siembra de esta plántula, por lo cual, el sistema productivo de la fibra natural en estos sectores, es un modelo de economía campesina de la cual, depende la mayoría de familias pertenecientes a estas veredas; el tipo de siembra asociado a esta actividad agrícola, se aprecia con cobertura vegetal extensa sobre los predios mayormente entre surcos (linderos) entre los predios, puesto que, el número de plantas cultivadas por hectáreas está determinado por la disposición del productor en cuanto a los metros² en cada finca productora que sean destinados solamente para este cultivo.

Grupos étnicos:

La zona se encuentra integrada por dos grupos étnicos, identificados a través de la información recopilada, los cuales fueron fundamentales, para la formulación de la alternativa de tratamiento de las aguas residuales provenientes del proceso productivo del fique, donde se pudo evidenciar que el 58% de los encuestados pertenecen al grupo étnico campesino representado por la asociación Aso campo, mientras que el 42% restante pertenece al cabildo indígena resguardo Paéz de Quintana.

De acuerdo con lo anterior, la comunidad campesina desde la asociación Aso Campo en alianza con la fundación río Piedras adscrita a la división ambiental AAPSA S.A. E.S.P. han venido desarrollando programas enfocados en la conservación y manejo de la sub cuenca río Piedras, lo cual, ha permitido la generación de alternativas de producción sostenible que fortalecen el contexto socio cultural de las veredas contribuyendo con la gestión y apropiación responsable del territorio, a pesar de que se han ejecutado estas actividades, sigue persistiendo problemáticas encaminadas a la contaminación de los cuerpos de agua aferentes a la sub cuenca.

Figura 4: Resguardo indígena Páez de Quintana.



Fuente: Adoptado del censo del CRIC 2007 [45].

El resguardo indígena Páez de Quintana se encuentra ubicado al nororiente de la ciudad de Popayán, sus límites geográficos se encuentran clasificados al norte con el municipio de Totoró, oriente con los municipios aledaños a este y Púrace, además, al occidente con el corregimiento de las Piedras, sumado a ello, otros corregimientos que hacen parte de este resguardo lo conforman 3 parcelaciones entre las que se encuentran, San Ignacio, San Juan y el Canelo en las cuales, aproximadamente 454 familias se encuentran ubicadas, según el censo del CRIC 2007 [45].

Se debe tener en cuenta que los habitantes adscritos al resguardo indígena Páez de Quintana mediante sus políticas y tradiciones culturales en cuanto a la conversación del ecosistema, no realizan un lavado de la fibra natural del fique de manera directa en los cuerpos de agua colindantes, sin embargo, sus procesos de lavado son desarrollados a través de otros mecanismos, como el uso de pozos convencionales, lo cual, afecta el recurso hídrico mediante procesos de escorrentía e infiltración [46].

Inicialmente, se realizó una reunión con la entidad AAPSA S.A E.SP. para identificar los problemas prioritarios de intervención y con base a ello, formular la alternativa de tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos productivos de la cabuya debido a las dificultades sanitarias que se presentan en las veredas San Juan, La Laguna, el Canelo y Guacas, las cuales se asocian a problemas de contaminación principalmente en el recurso hídrico.

Esta incidencia, se presenta en los sectores de las quebradas de Agua Bonita y la Laguna, en el nororiente de la ciudad de Popayán, debido a que los vertimientos producto de la transformación del fique generan alteraciones sobre los efluentes, estudios previos por parte de la división ambiental en estas fuentes superficiales han detectado cambios constantes en el color de las fuentes hídricas debido a esta problemática, en cuanto a los parámetros microbiológicos, los coliformes fecales según lo evidencia un informe realizado por el laboratorio AAPSA S.A.E.S.P superan el máximo límite de 20.000 NP/100 ml tal como lo establece el decreto 0631/2015 [47].

Asimismo, la leve acidez del cuerpo hídrico, así, lo mencionan Mosquera Cristian, Morales Velasco Sandra, 2008. Evaluación de efluentes provenientes del proceso de transformación del fique en el municipio de Totoro-Cauca, en la cual, se evidencio que, la influencia del lavado de esta fibra natural, ocasiona la disminución del oxígeno disuelto y el incremento del CO₂ libre, el cual, al reaccionar en el ambiente hídrico ocasiona un aumento del ácido carbónico, lo cual influye en el detrimento del pH sobre fuentes superficiales de agua [29].

Ante ello, se debe tener en cuenta que, esta polución tiene incidencia en las fuentes hídricas, las cuales abastecen el acueducto veredal de las comunidades rurales aguas abajo. Así mismo, es de gran importancia resaltar que, estos cuerpos de agua desembocan en el río Blanco al norte de la ciudad de Popayán, y este, pertenece al plan de ordenación y manejo de la parte alta de la sub cuenca hidrográfica Río Palace. De acuerdo con lo anterior, se delimitaron y priorizaron 4 veredas que presentan estas dificultades las cuales inciden en el deterioro de la calidad del recurso hídrico debido a que en estos sitios se

desarrollan mayor producción y transformación de fique, tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8: Veredas seleccionadas para la recolección de información en cuanto a la producción de fique.

Veredas	Predios a encuestas en cada vereda	m ² de fique*vereda	Grupos étnicos	
Las Guacas	3	600,00	Campesino	Aso campo
El Canelo	4	260,000	Campesino	Aso campo
La Laguna	5	760,000	Mixto	Aso Campo Res. Indígena
San Juan	6	170,000	Indígena	Res. Indg. Quintana

Fuente: *Elaboración propia.*

A continuación, se describen las respuestas con mayor grado de importancia mediante la aplicación de la encuesta titulada “Modelo de encuesta para formular alternativa de tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos productivos de la cabuya”.

Inicialmente, se desarrolló la información general de los productores, su relación con el cultivo de fique, entorno del área de cultivo y tipo de siembra, procesos de producción y transformación de la hebra natural, clasificación de los subproductos como la biomasa residual y jugos verdes; finalmente, la formulación de medidas mitigantes y/o preventivas para la problemática ambiental, cabe resaltar que esta información será desarrollada en el transcurso de las fases que se estableció en la metodología (ver fotografía 2).

Fotografía 2: Socialización de la encuesta para la recolección de información.



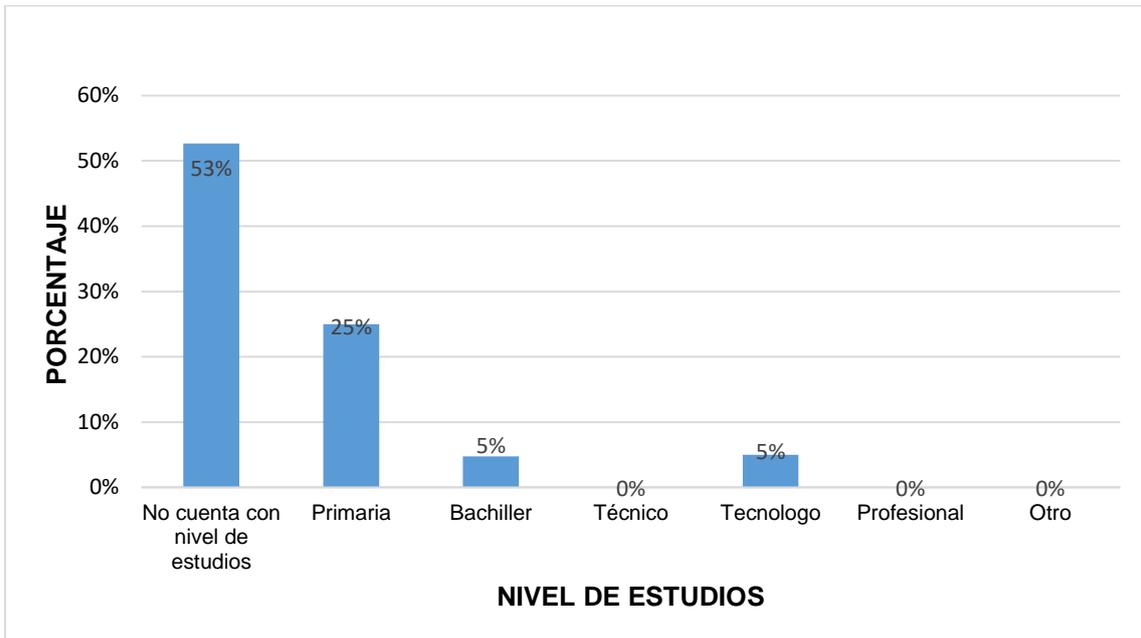
Fuente: *Elaboración propia.*

El número total de fincas encuestadas fueron 19, las cuales se encuentran ubicadas alrededor del resguardo indígena de Paéz de Quintana, se debe tener en cuenta que 3 de ellas, encuentran ubicadas en la vereda Huacas, 4 en la vereda El Canelo, 6 en La Laguna y 6 en San Juan.

Mediante el desarrollo de la encuesta, se pudo determinar que el 68% de los encuestados resultan ser personas mayores de 50 años, mientras que el 21% de los mismos son menores de 40 años y finalmente, el 11% corresponden a personas entre los 40 y 50 años de edad.

Además, el nivel de estudios de los mismos, presenta un alto porcentaje en cuanto a una educación básica, media y educación superior baja, ya que, según los datos obtenidos, el 53% de los encuestados no cuenta con un nivel de estudios, aduciendo que, ante la necesidad económica y el difícil sustento de vivienda, optan por comenzar desde temprana edad con trabajos de agricultura, mientras que, solamente el 25% de los mismos alcanzan la educación de básica primaria y solamente el 5% restante cursó un grado de bachiller, tal como se puede observar en la gráfica 1.

Gráfica 1: Nivel de estudios en las zonas de estudio.



Fuente: *Elaboración propia.*

Finalmente, según datos del ministerio de Educación Nacional asociado con el Departamento Administrativo de Nacional de estadística (DANE) establecen que, en Colombia, el índice de escolaridad es bajo en zonas rurales, pues en cifras estadísticas, la educación secundaria y media se representa entre el 55% y 25% en zonas rurales, mientras que, en las urbanas los datos se asocian entre el 79% y el 48% [48]. Por lo descrito anteriormente, la actividad de agricultura en sectores rurales se desarrolla desde temprana edad, en el caso del fique, los habitantes de esta zona de estudio se asocian con el cultivo desde los primeros años y ayudan en el proceso de transformación de la fibra natural.

Las viviendas promedio de esta zona se caracterizan por estar construidas con materiales de bajo costo como madera y bahareque, (ver fotografía 3), los pisos se caracterizan por estar constituidos de tierra y madera. De acuerdo con el acceso a los servicios públicos, todas cuentan con servicio de electricidad, en la actualidad, los predios presentan dificultades y necesidades de índole sanitario, pues carecen de acueducto y alcantarillado y recolecta de residuos sólidos por parte de una entidad prestadora de servicios.

Adicionalmente, algunos predios cuentan con conexión a los acueductos interveredales, por lo cual, se han adaptado cosechas de agua en los predios o captación del recurso hídrico en fuentes cercanas a ellos. Cabe resaltar que, el promedio de habitantes por vivienda (valor promediado de los predios encuestados que en su totalidad fueron 19) en las veredas Huacas, San Juan, El Canelo y La Laguna es aproximadamente (4hab/vivienda).

Fotografía 3: Visita vereda San Juan, predio Jairo Tumbo.



Fuente: *Elaboración propia.*

Fotografía 4: Soluciones de agua, predio Mauricio Lame vereda la Laguna.



Fuente: *Elaboración propia.*

Es importante mencionar que, las coberturas en cuanto al sistema de acueducto y alcantarillado en zonas rurales según la comisión Económica para América

Latina y el Caribe – CEPAL y las encuestas Nacionales de Calidad de Vida – ECV son bajas en cuanto a cifras estimadas entre la cobertura en acueducto en la zona rural del 53,3% y en alcantarillado de 15,6% mientras que, en la zona urbana, el servicio de agua potable se presta por un promedio de 22 horas al día y durante 6,7 días en promedio a la semana [48].

En cuanto al tiempo de permanencia en el predio, se pudo analizar que la mayoría de propietarios de las fincas productoras llevan entre 10 a 40 años habitando en la zona, por lo cual, esta información permitió conocer que los productores ejercen actividades agrícolas para su sustento económico y tienen una relación espacio temporal con el medio ambiente en especial el recurso hídrico, pues en esta zona se encuentran ubicadas dos de las principales fuentes abastecedoras de agua para la ciudad de Popayán.

El área de extensión de cultivo de fique se caracteriza en su gran mayoría en cultivos de gran densidad, dependiendo el tipo de topografía del terreno se realiza la clasificación de siembra, a su vez, se encuentran terrenos con medianas y pequeñas extensiones de cultivos de plántulas de fique, en cuanto a la variedad de fique presente en esta zona, se determinó que la uña de águila predomina en las cuatro veredas, debido a que de esta se obtiene una mejor calidad en cuanto a la hebra natural del fique y tiene mayor auge económico en la comercializadora empaques del Cauca.

A continuación, se describen las etapas en cuanto al proceso de producción y transformación de la fibra natural del fique, las cuales están relacionadas con la información recopilada en la información de la encuesta (ver anexo 6).

Etapas I: Semillero.

La etapa de semillero consiste en realizar la limpieza del terreno, puesto que debido a que el proceso de cosecha tarda entre 3 a 4 años, el productor tiene que realizar el corte de la “maleza” conocido como material herbáceo, arbustivo o helecho para cultivar la semilla, tal como se evidencia en las fotografías 5,6 y 7.

Fotografía 5: Predio el mayo, lote de clasificación compacto, distribución del semillero de fique, propietario Fabio Mauricio Santiago.



Fuente: *Elaboración propia.*

Fotografía 6: Distribución dispersa tipo lindero, predio Reserva Natural el Oasis.



Fuente: *Elaboración propia*

Fotografía 7: Distribución siembra compacta predio reserva natural el Oasis.



Fuente: *Elaboración propia*

Etapa II: Corte.

El corte del fique o “cosecha” como comúnmente lo llaman los productores, se realiza anualmente entre los meses de agosto a noviembre. La etapa de corte, consta de desprender un determinado número de pencas de fique de cada plántula cuidadosamente, la mayoría de productores, realiza el corte empleando una pala filuda como herramienta y se extraen entre 25 y 30 pencas, esto depende de su largo y tiempo de madurez, puesto que, si se deja pasar el tiempo estimado de cosecha, al realizar el proceso de desfibrado puede desprender en la hebra natural manchas lo cual, deteriora su calidad a la hora de realizar la comercialización, a continuación, se presenta la secuencia de esta etapa de proceso productivo (ver fotografía 8).

Fotografía 8:Proceso de corte predio el mayo, vereda la Laguna.



Fuente: *Elaboración propia.*

La plántula de fique tiende a presentar un tipo de plaga o enfermedad del cultivo llamada coloquialmente por los productores como “raya”, la afectación de este tipo de enfermedad hacia la penca percuta notoriamente en la raíz de la plántula, ocasionando en ella que se disminuya la calidad de la fibra natural y por ello, se disminuya el valor monetario, se puede evidenciar en el cultivo con la representación de un hongo color negro el cual se carcome las pencas y altera las condiciones del terreno, hasta el momento no existe algún tipo de fertilizante o plaguicida para tratarlo como se puede observar en la fotografía 9..

Fotografía 9: Deterioro de la plántula de fique debido a la plaga “raya”.



Plántula con afectación
De hongo “raya”.
la placa “rava”.



Plántula de fique con
propagación del hongo.



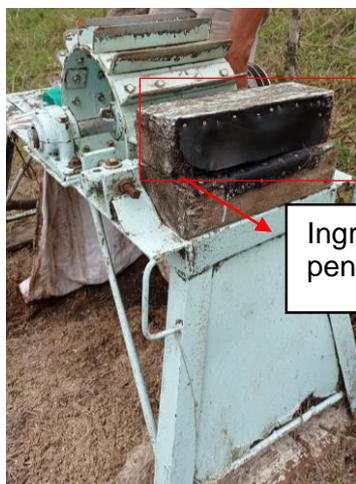
Deterioro de la plántula.

Fuente: *Elaboración propia.*

Etapa III Desfibrado.

Inicialmente, se realiza el proceso de despinado de forma manual mediante un machete, el desarrollo de esta actividad se basa en quitar las espinas o pullas de la plántula de fique, seguido a ello, se emplea la maquina desfibradora para obtener la fibra natural (ver fotografía 10), existen dos tipos, puesto que, una requiere emplear un motor mediante energía y la segunda, es la más empleada por los productores de estas veredas, debido a que, permite que sea transportada con mayor facilidad sobre los predios.

Fotografía 10: Máquina de desfibrado.



Ingreso de la
penca de fique



Fuente: *Elaboración propia.*

En la etapa de desfibrado se obtiene la biomasa residual, conocida comúnmente como bagazo y jugos verdes los cuales, son la principal causa de la contaminación ambiental en el ecosistema, debido a que mediante la infiltración en el suelo estos “lixiviados” se desplazan por escorrentía. Comúnmente se ve esta problemática ambiental en áreas de pastoreo, terreno descubierto sin pastos o áreas con presencia de animales/ ganadería [29].

En el proceso de desfibrado, se debe tener en cuenta que, el corte de las pencas no puede sobrepasar las 12 o 24 horas del día, puesto que estas, debido a su composición biológica, pH y sustancias que la componen, disminuyen la calidad de la fibra natural, y a la hora de extraer la fibra natural en la máquina, se puede notar un noto café en ellas, lo cual, disminuye su precio y calidad a la hora de comercializarla [11], (ver fotografía 11).

Fotografía 11: *Transformación de fibra natural y generación de subproductos.*



Fuente: *Elaboración propia.*

Etapa IV: Lavado.

El proceso de lavado de la fibra natural, consiste en eliminar el tinte verdoso y residuos de bagazo que quedan después del proceso de desfibrado, para ello, algunos productores realizan el lavado en fuentes hídricas cercanas a los predios, por lo tanto, esta actividad, trae consigo, la contaminación de los efluentes, alteraciones del ciclo de la vida acuática de las especies (ver fotografía 12). Además, una problemática ambiental que se desarrolla es la degradación

lenta y persistente del recurso hídrico, lo cual, conlleva a la generación de procesos de eutrofización debido al aumento de concentración de nutrientes que contienen estas aguas mieles.

Fotografía 12: Punto de lavado quebrada Agua Bonita.



Fuente: *Elaboración propia*

En cuanto al 37% de los encuestados, manifestaron no realizar el proceso de transformación del fique, pues estos se dedican solamente a la comercialización del producto.

A su vez, se logró identificar que, dos grupos de productores realizan 2 tipos de lavados (lavado directo del cuerpo de agua y por medio de pozos convencionales). En ese sentido, el primero, se realiza en el cauce natural de los efluentes, lo cual, impacta de manera directa al recurso acuático, puesto que, los residuos generados en este proceso son transportados por el mismo cauce. Cabe mencionar que el 16% de la población encuestada realiza esta práctica.

Por su parte, el segundo proceso, es ejecutado por el 47% de los encuestados, empleando pozos convencionales, empleando el recurso hídrico es captado desde los afluentes aferentes, así pues, los residuos generados en esta actividad no son vertidos directamente a los cuerpos de agua, sino que, por el contrario, la descarga de estos se realiza por esorrentía,

Etapa V: Secado en tendales de alambre.

La etapa de secado de la fibra natural, consiste en que cada manojo de la fibra natural se tiende entre el tendal de alambre puesto al sol entre 1 a 2 días, ya

que, la luz directa hace que la fibra obtenga una tonalidad clara tal cual, la requieren los compradores, en este proceso, también se emplea un peine adaptado con puntillas, el cual facilita al trabajador desenredar las cabuya, de manera que, se puedan agrupar los manojos dependiendo las arrobos que con las que van a armar los bultos de entrega.

4.1.3. Análisis del consumo y generación de las aguas residuales.

Mediante la metodología descrita en la fase I, actividad 3 en cuanto al consumo y generación de las aguas residuales provenientes del proceso productivo del fique, se prosigue al análisis de la clasificación de los grupos asociados a la actividad de la producción y transformación de la fibra natural.

Inicialmente se resalta que los predios relacionados en la tabla 9 no fueron tenidos en cuenta en cuanto a la información general de los productores, debido a que estos, no realizan el proceso de lavado de la fibra natural, sino que, por el contrario, venden solamente el corte de la penca de fique.

Tabla 9: Predios que no realizan el proceso de transformación del fique.

Nombre del predio	No. Integrantes por familia	Nivel de escolaridad	Vereda	Grupo Étnico	Área cultivo fique (m2)	Número de plantas de fique
La Angostura	4 personas	Tecnólogo	Huacas	Campesino	40,000	100
Zona Cafetera	4 personas	No cuenta con estudios	Huacas	Campesino	80,000	200
La Estrella	3 personas	No cuenta con estudios	El Canelo	Campesino	SIN ESPECIFICAR	
El Arbolito	6 personas	Primaria	La Laguna	Campesino	120,000	300
Porta leche 2	4 personas	Bachiller	San Juan	Indígena	10,000	SEMIL LERO

Fuente: *Elaboración propia.*

De acuerdo a lo anterior, se definió que los sitios de interés para la recopilación de información y análisis de esta, tendrían foco en el proceso productivo en el que se emplee el recurso hídrico, puesto que, en campo se evidencio que para el proceso de lavado de la fibra natural se realizan dos tipos de métodos, ya sea en pozo convencional o lavado directamente sobre la fuente hídrica.

Para dicho fin, inicialmente, se seleccionaron los predios en los que se realiza el lavado en pozos con el fin de delimitar el área de siembra de cultivo de fique en m² (ver tabla 10).

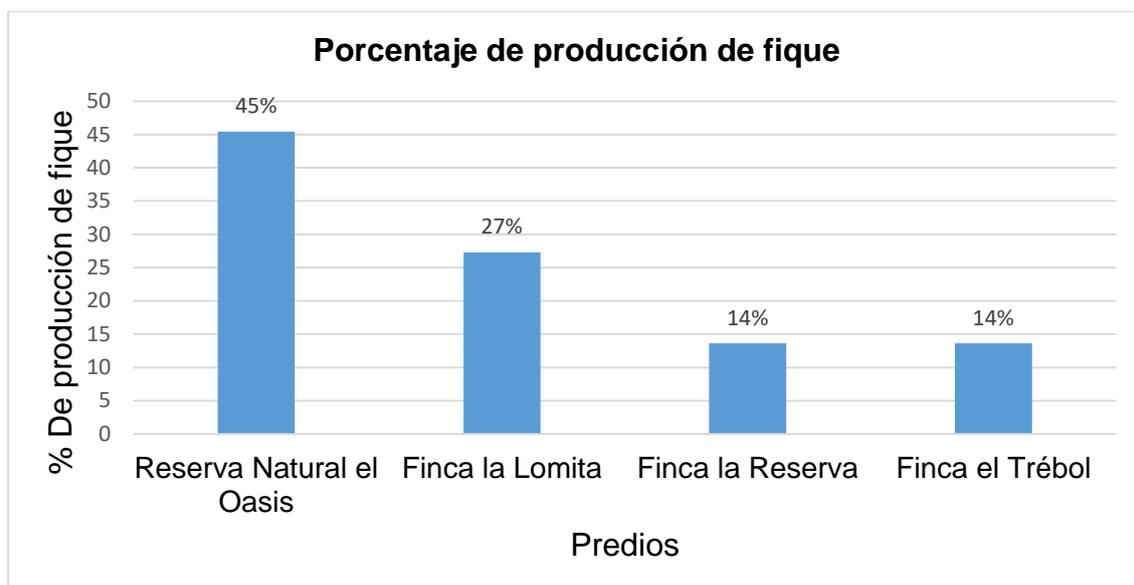
Tabla 10: Predios seleccionados para realizar la caracterización del proceso productivo de la cabuya.

Predio	No. Integrantes por familia	Nivel de Escolaridad	Vereda	# Plantas	Distancia Plantas	Área de cultivo de siembra de fique (m ²)
Reserva Natural el Oasis	6 personas	Primaria	Las Huacas	20.000	4.0	800.000
Finca la Lomita	2 personas	No cuenta con nivel de estudios	El Canelo	6.000	4.0	240.000
Finca la Reserva	4 personas	No cuenta con nivel de estudios	San Juan	4.000	4.0	160.000
Finca el Trébol	8 personas	No cuenta con nivel de estudios	San Juan	4.000	4.0	160.000
Área total de cultivo de fique (m²)						1.360.000

Fuente: *Elaboración propia.*

Al tener el dato en cuanto al área de cultivo de cada predio, a continuación, se estimó mediante una gráfica el porcentaje de producción de cada uno de los predios mencionados en la gráfica 2.

Gráfica 2: Porcentaje de producción de fique en predios con lavado en pozos convencionales.



Fuente: *Elaboración propia.*

Mediante la información recolecta en la tabla 10 en cuanto al área de cultivo de plántulas, se determinó el porcentaje de producción de fique de cada uno de los predios donde se realiza el proceso de transformación de la hebra natural del fique y se realizó una ponderación cualitativa en cuanto al nivel de producción de cada uno de los predios (ver tabla 11).

Tabla 11: Total del producción de fique en predios con lavado en pozos convencionales.

Predios	Producción de fique en @	% de Producción de cabuya	Valoración
Reserva natural el Oasis	30	45%	ALTA
Finca la Lomita	18	27%	MEDIA
Finca la Reserva	9	14%	BAJA
Finca el Trébol	9	14%	BAJA
Total	66	100%	

Fuente: *Elaboración propia.*

En cuanto a la información abordada en la tabla se determinó que el total de la producción de fique en las fincas productoras es del 66 @, por tal motivo, en la columna (% de producción equivalente al 100% de fibra natural) se determinó el

valor de referencia de cada predio productor en cuanto a la hebra natural que finalmente se comercializa en empaques del Cauca, mediante ello, se analizó que el predio Reserva natural el Oasis al tener mayor área de cultivo, presenta una producción mayoritaria de fibra transformada de fique, mientras que el predio finca el trébol al tener una siembra compacta en un solo terreno, no.

Mediante la información del área de siembra de cultivo de fique y el porcentaje de producción total de cada predio, se realizó el cálculo del volumen de agua empleado en los pozos convencionales en cada finca fiquera con el fin de delimitar la problemática asociada al consumo del recurso hídrico y la generación de las aguas residuales de esta actividad productora, para ello en la tabla (12), se recolecto la siguiente información:

Tabla 12: Resultados del volumen de agua total empleada en pozos convencionales.

Predios	Grupo Étnico	Dimensiones de los pozos			V (m3)	L de agua empleados para lavado de la fibra natural del fique
		L (m)	A (m)	Prof. (m)		
R. Natural el Oasis	Campesino	1.50	0.70	0.40	0.42	420
Finca la Lomita	Campesino	2.0	1.20	0.30	0.72	720
Finca la Reserva	Indígena	1.0	0.40	0.20	0.08	80
Finca el Trébol	Indígena	0.75	0.40	0.45	0.135	135
Total volumen de agua empleada para lavado de fique en pozos convencionales						1,355

Fuente: Elaboración propia.

Es de gran importancia inferir una relación en cuanto a la producción de fique y el volumen de agua empleada para la actividad del lavado para lo cual, se realizó un análisis con el fin de estudiar los datos de consumo y su importancia en cuanto a la contaminación del recurso hídrico (ver tabla 13).

Tabla 13: Datos de consumo y su importancia en cuanto a la contaminación del recurso hídrico.

Predios	Área total del predio (m2)	Área de cultivo fique		Volumen de agua	Lavado
		m2	% particular	L	

R. Natural el Oasis	345.000	57.500	6%	500	1
Finca la Lomita	28.000	3.500	0.36%	720	2
Finca la Reserva	300.000	2.000	0.21%	80	1
Finca el Trébol	300.000	1.000	0.10%	135	1
Total	973.000	64.000	6.58%	1435	1.25

Fuente: *Elaboración propia.*

Si bien, el predio reserva natural el oasis representa el 6% de área de producción de plántulas de fique con un área de cultivo de 57.500 m² y el volumen empleado de agua para el lavado de la fibra natural es equivalente a 500 L, no obstante, el predio finca la Lomita quien representa el 0.36% de siembra de fique se cataloga en un área de cultivo de 3.500 m² y se emplean 720 L del recurso hídrico para el lavado de la fibra.

Por lo cual, al analizar los datos en cuanto a la relación de los litros empleados en estos dos predios, se deduce que existe un 58% de diferencia en cuanto al uso del volumen de agua para el proceso de lavado en el segundo predio, como resultado de ello se puede deducir que en este se realiza el lavado de fibra natural entre 1 a 2 veces por semana.

Otra problemática que se infiere al obtener dicho dato numérico en cuanto a la diferencia de porcentaje de consumo del recurso hídrico es que, las dimensiones del pozo fueron expuestas por el propietario del predio, ya que, cuando se realizó la visita a campo, no era temporada de cosecha, por lo que, puede existir un error de datos y al realizar el cálculo de volumen de agua como resultado final.

En el tercer predio, se evidencia que el 12% de área de cultivo de fique representando un área de 2.000 m² y se utiliza solamente un 6% de volumen de agua lo que equivale a 80 litros. Al realizar la relación con el predio de referencia (Finca la Lomita) se halló un consumo representativo del 11% del total del volumen del agua.

Finalmente, en finca el trébol, los datos en cuanto al porcentaje y m² son inferiores a los 3 anteriores predios, hay que resaltar que en relación al predio finca la lomita tiene un porcentaje de consumo de agua del 19%, además, aunque se tomaron las mismas indicaciones descritas anteriormente para hallar el área de cultivo de fique en el predio, se puede evidenciar que al tener un valor

mínimo en cuanto a la relación del predio 3, este consume un 59% de volumen de agua para realizar el lavado de la fibra natural.

En cuanto al área total de los predios en los que se realiza el lavado en pozos convencionales equivalente a 973.000 m², se estableció que, el 6.58% del porcentaje particular corresponde al área de cultivo de plántulas de fique, mientras que el 93.42 % restante del área total de los predios se clasifica en otros cultivos y usos del suelo mencionados en el análisis del levantamiento de información y caracterización del proceso productivo.

Urresty A.E (2019) señaló que en el Municipio de Jámalo – Cauca las familias productoras de la hebra natural del fique, utilizan con mayor frecuencia pozos de manera improvisada en un 35% y tanques aproximadamente un 54% para el lavado de la fibra según la información recolectada en cuanto a la población encuestada, por lo tanto, estas aguas residuales son vertidas directamente sobre el suelo ocasionando contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por escorrentía, ya que no se realiza el lavado directamente sobre los efluentes, puesto que los predios quedan a distancias muy lejanas de estas [49].

Con respecto al volumen de agua empleado en pozos convencionales para el lavado en esta zona, los fiqueros se utilizan entre 0.5 m³ (500 L) a 3m³ (3000 L), por lo que, el volumen de agua total empleado en el lavado de la fibra en este proyecto, se asemeja a estos datos obtenidos por el autor mencionado anteriormente.

El consumo de agua empleada en pozos convencionales para el proceso de lavado de la fibra, influye en el proceso de conservación y espacio temporal de fragmentación de los ecosistemas, puesto que, al ser captada de manera ilegal debido a las actividades antrópicas que se realizan en esta zona rural, es importante fomentar investigaciones y proyectos asociados a la gestión de la preservación y conservación de áreas resguardadas como cuencas hidrográficas, encaminada hacia la sostenibilidad de los territorios y la calidad de vida de sus pobladores [50].

Con el fin de dar cumplimiento a la problemática asociada por el lavado directamente de la hebra natural del fique en las micro cuencas Agua Bonita y

La Laguna, a continuación, se describen los resultados y el respectivo análisis de la modificación negativa de este impacto sobre el recurso hídrico.

Tabla 14: Resultados del volumen de agua empleada en lavado directamente sobre micro cuencas Agua Bonita y La Laguna.

Predio	A total del predio (m ²)	Área del cultivo		Producción aprox.	Volumen de agua empleada por lavado	Quebrada
		m ²	%particular cultivado			
El Mayo	148.000	37.000	25%	257.39	1029.57	Agua bonita, La Laguna
El Derrumbo	5.000	1.250	25%	8.70	34.78	La Laguna
Villa Virginia	148.000	1.000	1%	6.96	27.83	Agua bonita
Total	301.000	39.250	51%	273.95	1092.18	

Fuente: Elaboración propia.

El proceso de lavado de la fibra natural, se realiza sobre la quebrada Agua Bonita y quebrada La Laguna, las cuales pertenecen a la cuenca río Palace. Es importante tener en cuenta que, estos dos torrentes abastecen aguas abajo el acueducto veredal la Rejoya, por lo cual, es necesario realizar un análisis en cuanto a la incidencia de la contaminación del recurso hídrico producto del proceso de obtención de la fibra natural.

Con respecto a la información abordada en la tabla 14, se pudo analizar que, inicialmente, el predio el mayo, al tener un área total de 148.000 m² hace uso solamente de 37.000 m² destinados para el cultivo de fique, lo que equivale al 25% referente al total del área de cultivo del predio, por lo que, se asemeja que, tiene mayor extensión de cultivo y emplea mayor cantidad de volumen de agua empleado para lavado de la hebra natural del fique, este proceso en la finca el mayo, se desarrolla en dos fuentes hídricas (quebrada Agua Bonita y La Laguna) la quebrada la Laguna pasa por todo el feudo, mientras que la quebrada agua bonita, se encuentra ubicada contiguo a los límites del predio. Debido a lo extenso que es, el propietario del predio ha optado por realizar la siembra del

cultivo cercano a las fuentes hídricas para que la labor de lavado sea menos trabajosa para él.

Además, debido a las condiciones topográficas del terreno, se dificulta la captación del recurso hídrico y para mayor facilidad, el productor, emplea las quebradas como fuentes directas para el vertimiento de las aguas mieles del proceso productivo. Puesto que, al obtener directamente un caudal constante tanto en temporada de lluvias o con baja precipitación, se facilita el proceso de lavado sobre los efluentes. Según el dato de producción aproximada.

Mediante los datos bibliográficos de volumen de agua estimado por lavado directamente en fuentes hídricas [10], para el caso del predio el mayo, al obtener 257.39 kg/semana, emplea 1029.57 L de agua en un periodo de tiempo de aproximadamente de 30 minutos, en los cuales se eliminan las partículas tóxicas, en la disminución del tinte verde y suciedad como tierra o barro de la fibra natural.

Por lo anterior, al productor se le facilita agilizar las actividades en cuanto al proceso de transformación de la fibra natural y por ello, en tiempo de cosecha, se realizan hasta dos cortes de gran cantidad de pencas de fique a la semana y, por consiguiente, se realicen aproximadamente 2 lavados semanalmente en cada quebrada. Para el productor, esto incrementa su pago en la empresa empaques del Cauca que es donde realiza el proceso de venta de la fibra natural.

Aunque, en el primer predio, el área de cultivo representa un porcentaje bajo con respecto a la superficie total de los predios, es conveniente mencionar que, realizan un uso excesivo del recurso hídrico producto del lavado de la fibra, lo cual influye de manera directa en el detrimento de la calidad ambiental principalmente al componente acuático.

Asimismo, los resultados reflejan un uso aproximado del volumen de agua, sin embargo, es propicio mencionar que, al ser un flujo constante posiblemente el volumen de agua empleado sea mayor al calculado. A pesar de ello, la cantidad de agua utilizada para dicho proceso es significativo y difícilmente controlado, puesto que, adicionalmente influye en las dimensiones de las presas que son construidas por los productores.

Por tal motivo, es de suma importancia, hacer énfasis en formular una alternativa en cuanto al tratamiento de estas aguas residuales, pensado en el bienestar de la población, el componente ambiental y los recursos económicos suficientes y necesarios, pues, al realizar el lavado de esta fibra natural en un efluente que sirve como abastecimiento para un acueducto veredal, se deben realizar inspecciones sanitarias en cuanto a posibles vertimientos que se realicen cerca a este.

En este orden de ideas el predio Villa Virginia, tiene un área total del terreno de 148.000 m² y en él, solamente se emplea un terreno de cultivo de siembra compacta de fique de 1.000 m² lo que equivale a 1% por cada 6.96 kg/semana de fibra natural, se utilizan 27.83 L/semana de agua.

En cuanto al área total de los predios equivalente a 301.000 m², se estableció que, el 51% del porcentaje particular corresponde al área de cultivo de plántulas de fique, mientras que el 49% restante se clasifica en otros cultivos y usos del suelo mencionados en el análisis del levantamiento de información y caracterización del proceso productivo.

Ante los datos analizados en la tabla 14, se analiza que la contaminación del componente acuático, posee una incidencia trascendental y negativa en relación a la calidad del recurso hídrico, donde es importante establecer que, aguas abajo, esta es captada para ser distribuida en un acueducto veredal el cual presenta carencias en unidades de tratamiento, por lo tanto, el agua de consumo para los pobladores aleñados es abastecida con trazas de contaminantes los cuales generan riesgos en la salud humana y deterioro del ecosistema.

Las implicaciones medioambientales de los predios, debido al lavado directamente en sobre las fuentes hídricas alteran directamente el ecosistema acuático, según estudios previamente realizados tanto a nivel nacional como a nivel departamental el realizar directamente el vertimiento de las aguas mieles generadas en el proceso de la transformación del fique sobre los afluentes, trae consigo impactos ambientales, uno de ellos es la alteración de los parámetros fisicoquímicos, autores como., Jhon F. Imbachi, et al., exponen que, estos lixiviados, contienen altos índices de azúcares constituidos por (sacarosa,

fructosa y glucosa), proteínas saponogénicas, esteroides y minerales extremadamente tóxicos para organismos acuáticos [51].

Debido a esta problemática ambiental ocasionada por el vertimiento directo de las aguas residuales obtenidas del proceso productivo del fique, se debe tener en cuenta el cumplimiento de la normatividad en cuanto a calidad de agua para consumo humano, pues esta, prioriza los límites máximos y permisibles, los cuales, deben ser adoptados por cada Corporación Autónoma Regional, para fomentar la conservación de los ecosistemas, caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua, y mejorar la calidad en base a procesos de mitigación o prevención para la contaminación del recurso.

Finalmente, se aborda la comparación de los resultados obtenidos en el lavado en pozos convencionales y directamente sobre el recurso hídrico, y en base a ello, es importante considerar que, aunque se emplee menor cantidad de volumen de agua en el lavado directamente sobre las micro cuencas, el impacto ambiental al ecosistema acuático resultante, ejerce mayor perturbación negativa, debido a la presencia de saponinas y alcaloides en las aguas residuales provenientes de esta actividad productiva, puesto que, la concentración letal CL50 en un rango aproximado de 96 horas, de los jugos del fique en una proporción de 1mg/L en alevinos de trucha arcoíris afectan directamente la especie de estos peces causan la muerte y afectación del torrente hídrico y aguas abajo ocasionan impactos negativos asociados al uso del recurso hídrico en cuanto a salubridad y protección de la vida de la población [52].

4.2 FASE II. Análisis de la determinación del impacto ambiental ocasionado por el vertimiento directo de las aguas residuales.

4.2.1 Análisis de la identificación de los puntos de muestreo.

Para la determinación del nivel de contaminación generado por los vertimientos de aguas residuales del proceso de transformación de la cabuya, se logró identificar que el lavado de la fibra natural, se efectúa sobre dos quebradas (Agua Bonita y La Laguna) las cuales, hacen parte de la sub cuenca hidrográfica río Palace, la cual abastece gran parte de la ciudad de Popayán en cuanto a recurso hídrico (ver anexo 5).

Por tal motivo, en cada una de ellas, se determinó la colecta de muestras para llevar al laboratorio AAPSA. Puesto que, aguas arriba de estas dos microcuencas, se efectúa el proceso de lavado de la fibra natural directamente sobre el recurso hídrico, además, es importante resaltar que, los puntos de muestreo se tomaron en las desembocaduras de las dos micro cuencas tributarias al río blanco quien aguas abajo abastece la bocatoma del acueducto interveredal la Rejoja y, por lo tanto, el análisis de estas aguas es de suma importancia en cuanto a la salubridad de los pobladores.

4.2.2 Caracterización físico química y microbiológica y análisis de resultados.

El agua residual proveniente de la actividad del lavado de la fibra natural del fique trae consigo alteraciones de impacto ambiental en el medio ambiente, por tal motivo, la determinación de parámetros físico químicos y microbiológicos es de suma importancia en cuanto a indicadores de calidad y contaminación del recurso hídrico y con ello, establecer planes de mitigación o contingencia, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en el laboratorio AAPSA (ver tablas 15 y 16).

Tabla 15: Resultados laboratorio micro cuenca Agua Bonita.

Parámetros	Dato laboratorio AAPSA	Unidades	Valor permisible res. 2115/2007	Puntaje de riesgo res. 2115/2007	Cumplimiento normativa res. 2115/2207
Color aparente	7,57			6	NO CUMPLE
Turbiedad	1,58	NTU	2	15	CUMPLE
Conductividad	42,6	μS/cm	1000		CUMPLE
pH	7,32	Unidad de Ph	6,5-9	1.5	CUMPLE
Nitritos	<0,006	mg NO ₂ /L	0,1	3	CUMPLE
Nitratos	<0,5	mg NO ₃ /L	10	1	CUMPLE
Alcalinidad total	24,6	mg CaCO ₃ /L	200	1	CUMPLE
Cloruros	12,8	mg Cl/L	250	1	CUMPLE
Aluminio	< 0,08	mg Al/L	0,2	3	CUMPLE
Dureza total	42,0	mg CaCO ₃ /L	3000	1	CUMPLE
Hierro	0,256	mg Fe/L	0,3	1.5	CUMPLE
Sulfatos	<10	mg SO ₄ /L	250	1	CUMPLE
Coliformes totales	4106	NMP/100 ml	1	15	NO CUMPLE
E- Coli	228	NMP/100 ml	0	25	NO CUMPLE

Fluoruros	0,098	mg F/L	1,0	1	CUMPLE
-----------	-------	--------	-----	---	--------

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 16: Resultados de laboratorio micro cuenca La Laguna.

Parámetros	Dato laboratorio AAPSA	Unidades	Valor permisible res. 2115/2007	Puntaje de riesgo res. 2115/2007	Cumplimiento normativa res. 2115/2207
Color aparente	15.4			6	NO CUMPLE
Turbiedad	6.73	NTU	2	15	CUMPLE
Conductividad	32.0	μS/cm	1000		CUMPLE
pH	7.41	Unidad de Ph	6,5-9	1.5	CUMPLE
Nitritos	<0.006	mg NO ₂ /L	0,1	3	CUMPLE
Nitratos	<0.5	mg NO ₃ /L	10	1	CUMPLE
Alcalinidad total	25.0	mg CaCO ₃ /L	200	1	CUMPLE
Cloruros	10.8	mg Cl/L	250	1	CUMPLE
Aluminio	<0.08	mg Al/L	0,2	3	CUMPLE
Dureza total	45.6	mg CaCO ₃ /L	3000	1	CUMPLE
Hierro	0.458	mg Fe/L	0,3	1.5	NO CUMPLE
Sulfatos	<10	mg SO ₄ /L	250	1	CUMPLE
Coliformes totales	5475	NMP/100 ml	1	15	NO CUMPLE
E- Coli	288	NMP/100 ml	0	25	NO CUMPLE
Fluoruros	0.072	mg F/L	1,0	1	CUMPLE

Fuente: *Elaboración propia.*

Cabe mencionar que, la medición del parámetro de sólidos disueltos totales no fue posible desarrollarlo debido a las limitantes mencionadas con antelación, por lo cual, se hizo necesario realizar una correlación matemática teórica de la conductividad con respecto a los sólidos disueltos totales, tal como se estableció en la metodología fase 2, actividad 4.

Para el caso de estas dos micro cuencas, el factor que se adoptó referente en cuanto a la contaminación del agua fue 0,65 puesto que este valor, según el autor, McNeil, V., Cox, M. et al. [37], se asociada a aguas residuales contaminadas que no han tenido contacto con vertimientos de petróleo o derivados. De tal forma que, al emplear la fórmula 3 de la metodología, se obtienen 27,69 mg/L de TDS y para la quebrada La Laguna se hallaron 20,8 mg/L de TDS.

Al realizar la comparación de los resultados obtenidos por parte del laboratorio y los máximos límites permisibles de las características físicas, químicas y microbiológicas de la resolución 2115/2007, se logró analizar que, tanto para la micro cuenca Agua Bonita y La Laguna, algunos de los parámetros sobrepasan dichos valores y al no cumplir con lo descrito anteriormente, adoptaron un puntaje de riesgo establecido, tal cual lo referencia el cuadro N° 6 del artículo 13° la presente resolución (ver tabla 15 y tabla 16) [22].

Estas microcuencas, al presentar contaminación del recurso hídrico se hace necesario enfatizar las posibles incidencias con respecto a las características de los parámetros analizados en laboratorio y obtener información para investigaciones a futuro de las quebradas que abastecen el río Blanco el cual, vierte sus aguas en su transcurso a río Palace y este, abastece algunas zonas de la ciudad de Popayán,

El no cumplimiento de algunos de los parámetros físicos inicialmente, puede deberse a descargas de aguas residuales y/o aguas grises de predios aledaños o infiltración de aguas procedentes de pozos sépticos de predios que hacen la descarga directa aguas arriba del efluente, puesto que, en el sector, no se presentan sistemas de conducción de estas aguas servidas hacia un sistema de alcantarillado, lo cual incide en que sea un factor referente de la contaminación hídrica, al igual que, vertimientos directos de actividades agropecuarias (ganadería, porcicultura) en el sector [53].

Aunque diariamente en la zona, no se realiza el lavado de la fibra natural del fique aguas arriba de los puntos de muestreo, debido a que esta actividad, se realiza en tiempo de cosecha anualmente, dependiendo el mes de corte (septiembre, octubre), la actividad de fermentado y lavado del fique al momento de tomar la muestra de agua en el mes de octubre del año 2021, con respecto al parámetro de color en las quebradas no influye. Aunque, los resultados en cuanto a este parámetro establecen que el recurso no es aceptable para consumo humano, esto debido a que la presencia de olores y sustancias indeseables alteran el color de las fuentes hídricas y ocasionan rechazo por los consumidores aguas abajo.

Otra de las inferencias que se adoptan de los resultados obtenidos en laboratorio es que, debido a la presencia de plancton, bacterias y algas en el recurso hídrico, su descomposición en contacto con el agua, pueden ocasionar alteraciones químicas dentro de los efluentes [54].

Se debe tener en cuenta que, aunque estos parámetros cumplieron con la normatividad 2115/2007, autores como Morales-Velasco-Sandra et al., establecen que, los parámetros que influyen ante el lavado de esta fibra natural son (nitratos, fosfatos, concentraciones de sales disueltas y el pH de estas aguas, es ácido debido a la carga contaminante procedente) [55] . Como se puede observar en las tablas 15,16, los valores de estos parámetros están dentro de lo que estipula la resolución, pero es importante tener en cuenta los siguientes aspectos que tienen incidencia en que los parámetros físico químicos no cumplan por lo argumentado del autor:

Inicialmente, toda vez que la cantidad de fique producido en las fincas productoras es en bajas cantidades, debido a que esta hebra natural actualmente en el mercado no está siendo bien remunerada, seguido a ello, los valores presentados por el laboratorio pueden estar asociados al lavado en pozos convencionales, por lo cual, al verter los jugos verdes al suelo, los contaminantes no llegan a la fuente hídrica debido a las condiciones topográficas del terreno, finalmente, estos valores se pueden asociar al caudal representativo de las microcuencas, ya que pueden tener un buen proceso de dilución.

Es importante hacer referencia a la relación de DQO/DBO₅ puesto que, el parámetro de la DBO₅ es el que establece la capacidad de la degradación bioquímica de la materia orgánica en un cuerpo receptor y la relación entre la contaminación procedente de las aguas residuales o desechos vertidos directamente sobre un efluente por lo que, esta correlación proporciona una indicación de la materia biodegradable de las aguas servidas, ya que, mencionan que, la DQO pueden alcanzar concentraciones de 1000 mg/L en las microcuencas en las que se vierten directamente los jugos verdes del fique. Es importante resaltar que, en las microcuencas donde se realizó este análisis, se

obtuvo un valor menor a 50 mg O₂/L de DQO, lo cual teóricamente indica que están por debajo del rango en un cuerpo de agua natural [56] y [57] .

En cuanto a las características microbiológicas de las micro cuencas, los resultados obtenidos en laboratorio, sobrepasan los límites permisibles puesto que, en los efluentes se evidencia la presencia de coliformes totales y E- Coli, los cuales, son producto mayormente del vertimiento directo de aguas residuales procedentes de viviendas o de descargas originarias de actividades socioeconómicas como procesos agrícolas o ganaderos y estanques de piscicultura que se presenten cerca a los sistemas acuáticos y causan afectaciones en la alteración de la calidad del agua y sistemas hidrobiológicos [58], [59].

En la zona de estudio, el cultivo de fique ha ido disminuyendo el impacto de producción y transformación, por lo que, los habitantes de este sector han optado en el desarrollo rural mediante el cultivo de trucha arcoíris, y aunque esta actividad afecta positivamente a los pobladores, también influye en el deterioro del medio ambiente, por ello, se debe tener que, la E. coli, es una bacteria gram negativa, anaerobia facultativa [60], la cual se encuentra en la flora intestinal de los seres vivos y comúnmente , es la que se presenta con más incidencia en la presencia de virus y patologías procedentes ante contaminación del recurso hídrico para consumo humano.

Aunque, estos indicadores de contaminación en aguas crudas debido a actividades antrópicas como Escherichia coli, mueren en aguas templadas debido a indicadores ambientales como la t°, nutrientes y protozoos [61], en el caso de estas microcuencas, aunque se tengan incidencia de estos parámetros, mediante el transcurso del torrente, puede presentar una disminución aguas abajo.

Con el fin de evitar la contaminación cruzada en las captaciones para el consumo humano las cuales solamente están dotadas de un tratamiento preliminar mediante procesos físicos (sedimentador, cribado, desarenador), estos no son suficientes para reducir la carga disuelta aportada por las fincas productoras del

fique, por ende, es necesario que cada productor de fique, complemente sus procesos de tratamiento para mejorar la calidad del agua.

Finalmente, aunque se cuente con un sistema primario de potabilización de agua en la bocatoma del acueducto veredal, es necesario formular alternativas para implementar un sistema de tratamiento que sea acorde a las características de cada predio donde se realiza el lavado de la fibra natural del fique, para prevención y/o mitigación ante posibles problemáticas respecto a esta actividad agrícola, puesto que, ante el uso del recurso para actividades de consumo humano, las prácticas inadecuadas sanitarias en estas microcuencas, inciden en problemas de salud entre la población y deterioro del ecosistema.

4.2.3 Análisis de la determinación del índice de riesgo.

Debido a la información recolectada en la fase I, actividad 1 planteada en la metodología, se pudo analizar que, las micro cuencas donde se realiza el lavado directamente de la fibra natural, abastecen a la población aguas abajo, por tal motivo, el índice de riesgo de calidad del agua que se adoptó fue el IRCA. En Colombia, la resolución 2115 /2007 establece las características físico químicas y microbiológicas y el respectivo método de análisis para el sistema de control y vigilancia de la calidad de agua de consumo humano [14].

El diagnóstico del IRCA se realizó por medio del cumplimiento del artículo 14°. CALCULO DEL IRCA por muestra y para la clasificación del nivel de riesgo se tuvo en cuenta el artículo 15°. Según la resolución 2115/2007 [14]. En base a una calificación cualitativa del nivel de riesgo de acuerdo a su importancia en cuanto a la acción de no ser aptas para consumo humano (ver tabla 17).

Tabla 17: Análisis Clasificación Índice de riesgo para la calidad del agua (IRCA)

Clasificación índice de riesgo para la calidad de agua potable (IRCA)		
Información	Micro cuenca Agua Bonita	Micro cuenca La Laguna
Clasificación % riesgo	60.53	62.5
Nivel de riesgo	Alto	Alto
Acciones	Agua NO apta para consumo humano	Agua NO apta para consumo humano

Fuente: *Elaboración propia.*

Como se puede observar en la tabla 17 estas fuentes hídricas tienen un nivel de riesgo alto, lo cual indica que no es apta para consumo humano sin previo tratamiento, por lo tanto, es importante tener en cuenta que estos valores de índice de riesgo de calidad de agua para consumo humano obedecen más a la presencia de microorganismos presentes en el agua, lo cual excede los valores máximos permisibles de la resolución 2115/2007 [14].

Esto se debe posiblemente a lo mencionado en el análisis de los parámetros evaluados en el laboratorio a la presencia de vertimientos directos de aguas residuales, actividades agrícolas y piscicultura en la zona.

Respecto a los parámetros físico químicos analizados y teniendo en cuenta que solo se contó con un solo muestreo de calidad de agua, estos parámetros cumplen con la normativa [14]. Pero, es importante tener en cuenta que en el trabajo en campo no se realizó un muestreo acorde a las necesidades de la problemática, pues al no realizar la toma de muestra directamente en donde se realiza el lavado en las fincas productoras, existe un porcentaje de error en cuanto a la concentración de volumen respecto a las sustancias como saponinas, celulosa y demás compuestos que contiene la fibra natural al momento de entrar en contacto con el agua y son los causales de la contaminación del recurso hídrico.

Lo que llevo a obtener un resultado no esperado, puesto que, se pretendía cuantificar el impacto generado por las aguas residuales del fique, pero se obtuvo resultados por la problemática de presencia de vectores en el agua por otras actividades en la zona diferentes al fique.

Esto deja en evidencia que es necesario que esta población, integre en estas zonas un sistema de tratamiento básico de agua y saneamiento integral rural, para prevenir y mitigar posibles afectaciones a la salud, ya que según el % de riesgo de la calidad del agua para consumo humano IRCA de estas micro cuencas establece que estos efluentes no están en condiciones óptimas para el acceso a consumo aguas abajo.

Además, para el consumo de este recurso inicialmente como primera medida de prevención se debe hervir el agua para consumo doméstico para eliminar

bacterias o microorganismos los cuales a simple vista son imperceptibles como los virus, parásitos u otros microbios causales de enfermedades gastrointestinales tales como: diarrea, fiebre tifoidea, hepatitis A y B, gastroenteritis aguda y que afectan especialmente a niños y niñas [62].

4.2.4 Análisis de la matriz de Leopold.

Se elaboró la matriz de Leopold con el fin de evaluar la valoración de los impactos ocasionados por las aguas residuales provenientes del proceso productivo de la cabuya, de este modo, se evaluaron 16 impactos ambientales generados por 4 actividades. Se debe tener en cuenta que se evaluaron los impactos más relevantes sobre esta actividad. En base a la determinación del grado de impacto, se pudo determinar el siguiente análisis con respecto a los recursos suelo, aire, agua, social, fauna y flora.

De la intersección entre filas y columnas se estipulo que, el impacto ambiental total de la problemática asociada es de (581), por ende, se analizó que el promedio negativo de los componentes ambientales (físicos y biológicos), son los de mayor impacto en cuanto a la producción de aguas residuales provenientes del proceso productivo del fique (-27) ver anexo 3, estos presentaron una valoración cualitativa en cuanto a magnitud del impacto e importancia. Es importante resaltar que, solamente el componente socio económico delimito impactos positivos en el proyecto (5).

En la actividad de cultivo de fique el impacto sobre el medio ambiente no es notorio, puesto que, tanto la adecuación del terreno y el corte de la penca no generan una magnitud significativa dentro de la valoración numérica de la matriz. Con respecto al análisis de resultados de causa y efecto de las actividades de esta actividad productiva, el componente ambiental físico (suelo y recurso hídrico) presento el mayor valor relativo de grado de impacto.

En cuanto la actividad II, los impactos sobre el aire están asociados a dos actividades principales, inicialmente, el proceso de desfibrado de la penca de fique, puesto que, en él se realiza la separación de la corteza de la hoja empleando una maquina desfibradora, la cual extrae el jugo verde que contiene la fibra y al descomponerse en contacto con el bagazo, emite olores fétidos y

acumulación de plagas y vectores. Aproximadamente, los residuos de bagazo y jugo corresponden al 83.45% (1.16 Kg.). El bagazo está compuesto por 83.62% de jugo (0.97 Kg.) y una parte sólida del 16.38% (0.19kg) [29].

La segunda actividad que desencadena polución en el aire es la quema del bagazo, puesto que, este al no ser reutilizado en otras actividades en los predios, los figueros optan por realizar quemas, las cuales emiten contaminantes al ambiente y traen consigo problemas de salubridad a los pobladores.

El impacto al recurso hídrico se denota específicamente en las actividades de lavado en tanques convencionales afectando el recurso hídrico por infiltración, en cuanto al lavado directamente sobre los efluentes, actualmente es una problemática socio ambiental en la zona, ya que las micro cuencas Agua Bonita y La Laguna son las fuentes de abastecimiento utilizadas en diferentes actividades tanto para uso doméstico como actividades agropecuarias.

4.3 FASE III. Resultados de la formulación de la alternativa de mitigación de impacto ambiental para las aguas residuales generadas en el proceso de lavado de la fibra natural del fique.

Debido a las problemáticas relacionadas por la generación de aguas residuales procedentes de la actividad de producción y transformación del fique, y el no aprovechamiento de los subproductos en las fincas productoras, es considerable formular alternativas encaminadas hacia la producción más limpia para el tratamiento de estos jugos verdes, puesto que, el impacto ambiental ante el recurso hídrico, conlleva el deterioro del ecosistema acuático y desencadena problemáticas de salubridad en las poblaciones que se abastecen del efluente para su uso doméstico. Por lo anterior, a continuación, se desarrollan las diferentes alternativas que se pueden adoptar en los predios, de acuerdo a los datos obtenidos mediante el levantamiento de información y su respectivo análisis.

4.3.1 Programa de educación ambiental:

Inicialmente, se debe tener en cuenta que, las estrategias de prevención en cuanto a la gestión ambiental con respecto a producción más limpia van encaminadas hacia la mitigación o prevención de las actividades que afectan la

calidad del medio ambiente. La formulación del programa de educación ambiental, va orientado hacia las necesidades de la población en cuanto al mejoramiento de la producción, transformación de la penca de fique y la relación de los patrones de consumo (recurso hídrico y suelo), ya que, actualmente, la gestión ambiental de la demanda de agua por procesos agrícolas, conlleva tres grandes categorías ambientales fundamentales, como lo son (la salud humana, la calidad del ecosistema y la disponibilidad del recurso).

A continuación, se desarrollan las alternativas asociadas hacia la educación ambiental, con el fin de dar conocimiento a los figueros sobre conceptos, valores y habilidades en cuanto a la concientización ambiental, puesto que, no solamente se obtendrá la mitigación de impactos sobre el ecosistema sino, también, la implementación de alternativas asociadas a la reutilización de los bio productos con el fin de instaurar la economía circular en esta actividad productora y apoyar socio económicamente a los productores.

Tabla 18: Alternativa de educación ambiental, la cual está conformada por las siguientes actividades.

Actividades propuestas	Objetivo	Descripción	Autoridad Responsable	Indicadores de medición
Reuniones con los productores.	Promover comités veredales, basados en las necesidades y expectativas ante la cultura y concientización ambiental para fomentar el desarrollo sostenible en las comunidades.	Para tener una mejor comprensión en cuanto la problemática del fique en la zona, se pretende realizar una estructura organizacional de la mano de entidades como AAPSA y empaques del cauca, con el fin de que los productores sean adscritos hacia una asociación u organizaciones departamentales figuera.	División ambiental, AAPSA.	Numero de reuniones al año (4)

Fichas técnicas para promover el manejo ambiental en cada una de las etapas de transformación del fique.	Describir los procesos que se deben adoptar para mitigar y prevenir los posibles impactos ambientales.	Dentro del proceso productivo efectuar las alternativas encaminadas hacia la economía circular como sustento acorde a las necesidades de los fiqueros y el control y manejo del cultivo.	División ambiental, AAPSA.	19 fichas técnicas. Se recomienda a la entidad AAPSA realizar visitas de complemento a los predios faltantes para determinar el número de fichas técnicas faltantes.
Capacitaciones a los fiqueros acerca de procesos productivos desde un enfoque ambiental.	Control acerca de los procesos de transformación de la fibra natural y el ciclo del agua en base a mitigación y prevención.	Se proyecta realizar 3 capacitaciones al año en las zonas de producción de fique, para brindarle al productor conocimientos acerca de los procesos de prevención y mitigación que se pueden emplear en sus predios.	Representante legal de la asociación de fiqueros que se establezca.	3 capacitaciones al año distribuidas en los siguientes ítems: 1)determinar las metas de mitigación en cuanto al uso del recurso hídrico. 2)Capacitar al personal involucrado en el manejo de los sub productos. 3)Abordar los delimitantes que se presenten en campo.
Verificación del cumplimiento de las actividades mencionadas anteriormente.	Establecer un sistema de calidad ambiental.	Fortalecimiento del seguimiento y evaluación del manejo ambiental que se desarrolla en las zonas para dar cumplimiento a la normativa ambiental	División ambiental, AAPSA y representantes legales de la asociación que se consolide.	1 ficha de finalizando el proyecto con el fin de dar cumplimiento a las actividades que se desarrollen.

		con respecto al cumplimiento del ciclo de vida de la fibra natural y sus desechos.		
--	--	--	--	--

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 19:Recolección de información en cuanto a verificación del cumplimiento de las actividades asociadas a la alternativa de educación ambiental.

FORTALECIMIENTO DEL SEGUIMIENTO Y EVALUACION DEL MANEJO AMBIENTAL		
OBJETIVO		
Verificación del cumplimiento de las actividades asociadas a la alternativa de educación ambiental.		
ALCANCE		
El alcance de esta actividad está enfocado hacía la comunidad productora de fique con el fin de fomentar el desarrollo sostenible y la prevención o mitigación del impacto asociado al recurso hídrico.		
LUGAR	Huacas, La Laguna, El Canelo y San Juan – Municipio de Popayán	
ACTIVIDAD	CUMPLIMIENTO	
	SI	NO
Reuniones con los fiqueros		
Fichas técnicas para promover el manejo ambiental en cada una de las etapas de transformación del fique.		
Capacitaciones a los fiqueros acerca de procesos productivos desde un enfoque ambiental.		
ACCIONES		
Promover comités veredales, basados en las necesidades y expectativas ante la cultura y concientización ambiental para fomentar el desarrollo sostenible en las comunidades.		
Control acerca de los procesos de transformación de la fibra natural y el ciclo del agua en base a mitigación y prevención.		
Realizar fichas técnicas para describir los procesos que se deben adoptar para mitigar y prevenir los posibles impactos ambientales.		
RECOMENDACIONES		

Fuente: Elaboración propia.

4.3.2 Alternativa encaminada hacia la economía circular.

Mediante el desarrollo de la primera alternativa encaminada hacia la educación ambiental, se desprende esta variante enfocada al cumplimiento del ciclo de vida de la fibra natural y de los subproductos que se disponen de esta actividad agrícola, por ello, se formulan estas posibles opciones para la mitigación y prevención.

4.3.2.1 Reutilización del bagazo.

Anteriormente, se hizo énfasis en las etapas del proceso de producción y se desarrolló la problemática asociada a la etapa de desfibrado, en donde se obtienen los bio sólidos y jugos residuales procedentes de la transformación de la fibra natural, los cuales son los principales causales de la contaminación hídrica y de la alteración del suelo, por lo cual, se adoptó el estudio de las alternativas existentes en Colombia mencionadas anteriormente en los antecedentes y se encontraron diferentes referentes encaminados hacia la producción más limpia y planteamientos hacia las alternativas en diferentes sectores productivos. Uno de ellos fue el análisis realizado por Lilian Camila Trujillo Cruz, la cual determino y magnifico los impactos ambientales asociados a la problemática en cuanto a la extracción y transformación de la fibra natural y la formulación de alternativas de manejo de los residuos generados dentro del proceso productivo [31], así mismo, Danna Jurley Gómez Ordoñez describe el diagnóstico de las alternativas de producción más limpias para las fincas productoras de fique en el Municipio de Caldon departamento del Cauca [32].

No obstante, en el aparte (ver anexo 3) se analizó, mediante una matriz de Leopold, el tipo de impactos generados por los subproductos generados de esta actividad productiva dentro del ecosistema, por lo que, se enfatizaron diferentes actividades en cuanto al re uso de los mismo para adaptar una economía circular acorde a la necesidad de los fiqueros y el ciclo de vida de la fibra natural.

Tabla 20: La alternativa de economía circular está conformada por las siguientes actividades:

Sub producto	Programas	Objetivos	Descripción	Responsable	Indicador
Biomasa residual (Bagazo)	Reutilización de los subproductos para sustrato y/o estabilizador de otros cultivos dentro de los predios.	Establecer un punto dentro de los predios para realizar la actividad de desfibrado.	Mediante el diseño del sistema se pretende obtener la oferta del residuo y con ello, implementar una estrategia de compostaje mediante la caracterización de las propiedades físico químicas de la fibra para la obtención de un abono de calidad y ser empleado en diferentes cultivos de los predios e incluso, comercializarlo a nivel regional [63].	Propietarios de los predios donde se realice el proceso de transformación de la fibra.	Toneladas de residuo transformado.
		Diseñar un tipo de sistema convencional (sedimentador y desarenador) en el cual, se obtengan los subproductos y no proliferen vectores tales como insectos y roedores.			
	Selección de la biomasa residual como fuente alternativa de energía mediante la digestión anaerobia.		Se propone realizar una digestión anaerobia del bagazo debido a su baja densidad de nutrientes como el azufre, lo cual incide un poder calórico, y en base a ello, posee características idóneas para aplicarle la tecnología de digestión anaerobia y obtener biogás, lo cual coincide con el creciente interés por la producción de metano a partir de residuos agro-industriales, con propósito de disminuir el impacto ambiental y valorizar	División ambiental, AAPSA.	Toneladas biodigestadas.

			los residuos procedentes de la fibra natural del fique [64].		
Reutilización del licor verde	Elaboración de bio fungicidas.	Implementar mediante el extracto de fique, biofungicidas para analizar la efectividad de sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas como efecto protector en cultivos y/o suelos.	Para prevenir y mitigar los impactos asociados al licor verde proveniente de la transformación de la fibra natural, se pretende obtener un pesticida asociado a las características físico químicas de este, con el fin de promover el efecto de estos sobre la fertilidad del suelo y el favorecimiento de cultivos en huertas orgánicas [65].	Propietarios de los predios donde se realice el proceso de transformación de la fibra.	Galones de licor verde transformados.
	Alternativa de tratamiento.	Formular alternativa para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el proceso productivo de la cabuya.	Instaurar un sistema de tratamiento biológico artificial o natural, en donde las aguas lleguen a un pozo donde se va a sembrar una planta fitorremediadora, puesto que estas han sido desarrolladas en diferentes investigaciones en cuanto a la disminución de las cargas contaminantes.	División ambiental, AAPSA.	Numero de sistemas de tratamientos implementados.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Alternativa de tratamiento biológico de las aguas residuales generadas en el proceso productivo de la cabuya.

Con la finalidad de implementar una alternativa de solución para la problemática de este vertimiento directo sobre el recurso hídrico, se recomienda a los productores, que, previo a la actividad de lavado, se instaure un sistema de tratamiento biológico para mitigar las posibles problemáticas ambientales que se desencadenan de esta actividad agrícola, para ello, se plantea la siguiente alternativa con el fin de disminuir la carga contaminante del efluente mediante el uso de microorganismos.

4.3.3.1 Alternativa de tratamiento del licor verde con el uso de micrófitas.

Los sistemas de fitorremediación y/o sistemas convencionales, actualmente están asociados a la remediación del ecosistema acuático debido a los diferentes tipos de contaminantes que se vierten directamente sobre ellos (aguas residuales resultantes de la industria agrícola e industrial, bio sólidos, metales pesados) [63] . El empleo de estas técnicas biológicas en aguas residuales, se desarrollan debido a los grandes volúmenes de agua que se contaminan en el proceso, en este caso, del lavado de la fibra natural del fique, por ello, se requiere implementar un sistema de tratamiento del licor verde proveniente de esta actividad agro económica.

Para este tipo de vertimiento, se implementará un tratamiento de tipo anaerobio (lenteja de agua), el cual tiene como objetivo disminuir la carga contaminante de las aguas residuales generadas del proceso productivo de las micro cuencas Agua Bonita y La Laguna, puesto que, esta alternativa puede instaurarse en sistemas técnicamente sencillos y a una escala acorde a las condiciones socioeconómicas de la población. Es importante tener en cuenta que, el planteamiento de este sistema, se desarrolla debido a que las características cumplen con lo expuesto para instaurar los tratamientos convencionales, ya que estos, se implementan en aguas con un tratamiento primario o sin ningún previo para la remoción de microorganismos y metales presentes en los efluentes cercanos a los predios [64] y [65].

Lo planteado anteriormente se argumenta con lo expuesto mediante un estudio que se realizó en el municipio de Silvia-Cauca, Arias Hoyos, A., Ramírez, A.,

Fernández, V. A., & Sánchez, N. E. (2016). Lenteja de agua (*Lemna minor*) para el tratamiento de las aguas residuales que provienen del lavado de la fibra de fique (*Furcraea bedinghausii*). plantearon una alternativa asociada a un sistema convencional para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de esta actividad, con el fin de evaluar la eficiencia en la remoción de parámetros físico químicos como DBO₅, SST, Nitrógeno y Fosforó, y que el vertimiento directo de estas, disminuya su carga contaminante sobre el efluente y aguas abajo pueda ser empleado en diferentes actividades agropecuarias [30].

Tabla 21: Alternativa de tratamiento del licor verde con el uso de micrófitas:

Subproducto	Actividad	Objetivo	Descripción	Responsable	Indicador
Jugos verdes generados en el proceso productivo del fique	Captación de las aguas residuales	Identificar el punto dentro del predio para realizar el proceso de lavado.	Se pretende estimar en los predios sitios para la disposición final de las aguas residuales, con el fin identificar el caudal del efluente [30].	División ambiental AAPSA	m ³ de litros de aguas residuales generadas.
		Determinar el número de micrófitas que se van a sembrar en el pozo de retención dentro del efluente.	Mediante el primer objetivo se pretende estimar el número de micrófitas de lenteja de agua que se emplearan en la siguiente actividad [30].	División ambiental AAPSA	Unidad de micrófitas
	Instalar el sistema	Instaurar dentro del efluente un pozo natural y decantador.	Al estimar en el predio el sitio de vertimiento directo de las aguas residuales, se debe instaurar un pozo natural dentro del efluente para sembrar las plantas acuáticas y que estas, realicen el proceso de depuración. Seguido a ello, estas aguas serán transportadas mediante un proceso de captación un sistema de decantación en el cual, estas puedan ser distribuidas y empleadas por los figueros en base a las actividades planteadas en la alternativa 2 de economía circular o puedan ser vertidas directamente a	División ambiental AAPSA	Número de sistemas instaurados por veredas.

			las micro cuencas con menor carga contaminante [30].		
--	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 5.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- Al realizar la caracterización de la producción de fique en las zonas de estudio se ejecutó un diagnóstico de la producción y transformación del fique en las veredas San Juan, La Laguna, El Canelo y Huacas del municipio de Popayán liderado por la división ambiental de la empresa AAPSA identificándose aspectos socio ambientales y económicos mediante la obtención de la fibra natural del fique, lo cual ocasiona detrimento sobre el recurso hídrico puesto que, en las zonas de estudio no se presentan planes de prevención o mitigación en cuanto a esta actividad agrícola.
- Para el proceso de lavado, los encuestados no emplean alternativas en cuanto a la sostenibilidad del ciclo de agua, por lo cual, no realizan proceso de captación de agua lluvia para realizar dicha actividad.
- Los fiqueros que realizan el lavado directamente sobre las fuentes hídricas mencionan que, debido al difícil acceso de agua cerca de las viviendas o el difícil acceso debido al terreno de los predios para realizar el proceso de captación, impiden desarrollar el lavado en pozos convencionales, así mismo, se logró evidenciar que las quebradas Agua Bonita y La Laguna son impactadas negativamente producto del proceso del lavado de esta fibra natural.
- Al formular
- las estrategias de gestión ambiental en estas zonas, se puede obtener una concientización ambiental dentro de los productores y que estos a futuro empleen estas alternativas ambientales para implementar dentro de sus predios senderos ecológicos instrumentados en el cultivo del fique para brindar charlas ecológicas a colegios o instituciones educativas, brindando hacia ellos iniciativas asociadas en relación entre el ser humano ecosistema y como minimizan los impactos al estar dentro de una micro cuenca hídrica importante dentro del departamento del Cauca.

- Finalmente, el grado de riesgo del IRCA (índice de calidad de riesgo del agua para consumo humano) que se obtuvo de las dos micro cuencas, establece que, estas son consideradas de riesgo ALTO, por lo cual, teniendo en cuenta lo estipulado en la resolución 2115/2007, el agua proveniente de estas fuentes hídricas no es apta para el consumo humano.

5.2. RECOMENDACIONES.

- Las actividades asociadas a producción más limpia del sector productivo del fique pueden ser a futuro, una alternativa eco sustentable en los mercados verdes, puesto que, la reutilización de los bio productos generados en la transformación de la fibra natural pueden ser implementadas en las zonas fiqueras, con el fin de brindar apoyo hacia las comunidades que emplean este recurso para su sustento económico.
- La producción de fique dentro de la micro cuenca río Piedras ha ido perdiendo su impacto asociado a la agricultura de los fiqueros, puesto que, el valor monetario de la fibra natural del fique según los productores no es bien remunerado dentro de las compraventas del producto, por lo cual, se requiere implementar dentro de esta zona rural, mecanismos en cuanto a la recuperación de la tradición Fiquera y estimar mediante una asociación propuestas asociadas a nuevas oportunidades de ingresos y empleo.
- Para futuras investigaciones en base a las aguas residuales provenientes del proceso productivo del fique, se recomienda realizar entre 3 a 4 muestreos de los efluentes y que se haga la toma de la muestra en donde se realice el vertimiento directo del licor verde para que al momento de analizar las muestras en laboratorio se obtenga un análisis con mayor amplitud de la problemática asociado a los parámetros físico químicos y microbiológicos.

6. BIBLIOGRAFÍAS

- [1] L. E. G. Durán, «Evaluación de la calidad del agua de ríos de Colombia usando parámetros físico químicos y biológicos,» *Revista dinámica ambiental*, vol. 1, nº 1, p. 20, 2016.
- [2] Leidy Viviana Mueses Sánchez, Lina María Ayala Gutierrez, «Producción de biofertilizante a partir de jugo y bagazo de fique»,» Puerto Tejada (Cauca), 2014.
- [3] S. & P. J. M. Pérez Salas, «Diagnóstico del estado actual de abastecimiento de agua potable en las zonas rurales de Colombia.» 2019.
- [4] Yamid Alexis Pinchao Pinchao, Oswaldo Osorio Mora, Oscar Checa Coral, Elizabeth Tobar, «Estudio sobre la velocidad y tiempo de biodegradación bajo condiciones controladas de fibras naturales de fique (*Furcraea andina*) y algodón (*Gossypium barbadense*),» *SciELO*, Vols. %1 de %230,, nº 4,, pp. 59-68, 08, 2019.
- [5] Mario Fernando Muñoz, Miguel Angel Hidalgo, Jose Hermisul Mina, «Fique Fiber an Alternative for Reinforced Plastics. Influence of Surface Modification,» *SciELO*, vol. 12, nº 2, 2014.
- [6] Minagricultura, «Cadena del fique y su agroindustria,» Bogotá, D.C., 2018.
- [7] Y. V. S. Mario Alonso Velásquez Flórez, «Conceptual Design or a Plant of Extraction of Saponins Presents in the Fique's Juice,» *Revista Ingeniería*, vol. 25, nº 1, p. 51, 2020.
- [8] K. D. G. G. Dally Esperanza Leseidy Gáfaró Álvarez, «Pilot Plant Desing For Production of Biogas from Fique Bagasse,» Bucaramanga, 2012.
- [9] Minagricultura, «Cadena agroindustrial del fique,» Bogotá, D.C., 2020.
- [10] P. Barrera, X. Salas Villareal, L. Castro Molano, C. Ortiz, y H. Escalante Hernández, «Estudio preliminar de la bioproducción de metano a partir de los residuos del proceso de beneficio del fique,» *Ion*, Vols. %1 de %222,, nº 1,, 2009.

- [11] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Guía Ambiental del Subsector Fiquero, Segunda Edición, 2006.
- [12] Daniela Duque, «Diseño de un sistema para la optimización de la totalidad de la penca de la planta de fique, actividad elaborada por indígenas campesinos de Colombia.,» Cali, Colombia, 2012.
- [13] I. a. Y. V. G. Martínez, «Informe de resultados de parámetros físicoquímicos y microbiológicos quebrada Agua Bonita y La Laguna,» Popayán, Cauca, 2020.
- [14] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, «Resolución Número 2115/2007,» República de Colombia, Bogotá, D.C , 2007.
- [15] J. G. Bermúdez, «Informe nacional de calidad del agua para consumo humano inca 2015,» Bogotá, D.C., 2015.
- [16] Viceministro de Ambiente, «Política nacional de producción y consumo sostenible,» Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Bogotá, D.C., 2010.
- [17] J. A. J. Rodríguez, «Eichhornia Crassipes y su Uso en Técnicas de Aprovechamiento y Fitorremediación,» Bogotá, D.C., 2021.
- [18] L. J. R. C. María Fernanda Guevara Granja, «Eichhornia Crassipes, Su Invasividad y Potencial Fitorremediador,» *LA GRANJA, Revista de Ciencias de la Vida*, vol. 22, nº 2, pp. 5-11, 2015.
- [19] Resguardo Indígena de Paniquita, «Fortalecimiento de las Capacidades Técnicas, Productivas y de Sostenibilidad Ambiental y Socio- Económica de mil quinientas Unidades Productivas Agrícolas de FIQUE, Orientado A La Producción Sostenible y el Mejoramiento De Los Ingresos De La Etnia Indígena,» Popayán, Cauca, 2017.
- [20] Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, «Manual de producción más limpia,» 2017.
- [21] EPEC, «Biomasa residual húmeda,» Córdoba- Argentina, 2017.
- [22] Ministerio de la protección social, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, «Resolución 2115/2007,» Bogotá, D.C., 2007.
- [23] D. G. Orea, Evaluación de impacto ambiental, Mundi-prensa, Ed., Madrid: 2da edición, 2003.

- [24] Olga L. Benavides, Oscar Arango, Andrés M. Hurtado, Myriam C. Rojas, «Cuantificación de Sapogeninas del Jugo Fresco y Fermentado de Fique (*Furcraea gigantea*) mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC-PDA),» *SciELO*, vol. 23, nº 3, pp. 67-76, 2012.
- [25] *Resolución 1256/2021*, 2021.
- [26] Daniela Hernández, Xiomara Quintero, «Diagnostico de la calidad del agua para consumo humano en el corregimiento de Villa Rosa- Municipio de Repelón, Atlántico,» *Barranquilla-Atlántico*, 2017.
- [27] C. A. S. Ramírez, *Calidad del agua evaluación y diagnostico*, Medellín, 2011.
- [28] Gonzalo Taborda O, Viviana Zuluaga R, leonel Palomá P, Juan Pablo Penagos gonzález, «Aplicación de métodos electroquímicos en la remoción de materia orgánica en los jugos producto del beneficio del fique: alternativa biotecnológica para mitigar la contaminación en los afluentes hídricos,» *NOVA*, vol. 9, nº 15, 2011.
- [29] Cristian F. Dagua Mosquera, Dani L. Dagua Mosquera, Sandra Morales Velasco., «Evaluación de los efluentes provenientes de la agroindustria del fique en el municipio de Totoró-Cauca.,» *Universidad del Cauca*, vol. 6, nº 2, 12 2008.
- [30] Arnol Arias, Alejandra Ramirez, et al., «The Use of Common Duckweed (*Lemna minor*) in the Treatment of Wastewater from the Washing of Sisal Fiber (*Furcraea Bedinghausii*),» *Ingeniería y Competitividad*, vol. 18, nº 2, pp. 25-34, 2016.
- [31] L. C. T. Cruz, «Determinación de los impactos ambientales generados en la cadena productiva del fique, en el Municipio del Tambo,» Popayán, Cauca, 2018.
- [32] D. J. G. Ordoñez, «Diagnostico Ambiental y Formulación de Alternativas de Producción más Limpia (PML) Para las Fincas Productoras de Fique en el Municipio de Caldono Departamento del Cauca,» Popayán, Cauca, 2020.
- [33] Ministerio de Salud y Protección Social, Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, «Resolución 622 del 2020,» Bogotá, D.C., 2020.
- [34] Gobierno de Colombia, «Decreto 2811 de 1974 "Por el cual se dicta el código Nacional de los Recursos Naturales Renovables de Protección al Medio Ambiente".,» Bogotá, D.C., 1974.

- [35] Gobierno de Colombia, «Ley 9 de 1979,» Bogotá D.C., 1979.
- [36] Gobierno de Colombia, «Constitución Política de Colombia 1991,» Bogotá D.C., 1991.
- [37] Ministerio de Transporte, «Resolución 1385/2010,» Bogotá, D.C., 2010.
- [38] Laboratorio AAPSA S.A E.S.P., «Reporte de resultados N° 1641,» Popayán, Cauca, 2021.
- [39] A. F. Rusydi, «Correlation Between Conductivity and Total Dissolved Solid in Various Type of Water: A Review,» de *Global Colloquium on GeoSciences and Engineering* , 2018.
- [40] IDEAM, «Sólidos Suspendidos Totales En Agua Secados a 103 - 105°C.,» 2007.
- [41] V. McNeil, «Relationship Between Conductivity and Analysed Composition in a Large set of Natural Surface-Water Samples, Queensland, Australia,» 2000.
- [42] A. N. R. Soberanis, «Metodologías Matriciales de Evaluación Ambiental para Países en Desarrollo: Matriz de Leopold y Método MEL-ENEL,» Guatemala, 2004.
- [43] Comité de Planificación de Cuencas CRC, «Plan De Ordenación y Manejo de la Subcuenca Hidrográfica del río Piedras Corporación Autónoma del Cauca,» Popayán, Cauca, 2008.
- [44] OMS, «Plan de Acción Intersectorial de Entornos Saludables (PAIES) del Municipio de Popayán, Departamento del Cauca: Énfasis en los Resguardos Indígenas de Poblazón y Quintana y Territorio Campesino de Asocampo y Asoquintana,» Popayán, Cauca.
- [45] L. T. Collazos, «Análisis de los Recursos Hídricos de la Asignación Especial del Sistema General de Participación Para los Resguardos Indígenas del Municipio de Popayán, Cauca 2012-2016.,» 2019.
- [46] L. R. Mejía, «Manejo Adaptativo del Territorio en una Cuenca Altoandina Desde la Diversidad Cultural y Ecosistémica,» Popayán, Cauca, 2017.
- [47] *Resolución 631/2015*, 2015.
- [48] Dirección de desarrollo rural sostenible DDRS, «Diagnóstico de las condiciones sociales del campo colombiano,» Bogotá, D.C., 2014.

- [49] E. A. U. Sánchez, «Implementación de una alternativa de aprovechamiento del bagazo de fique (*furcraea macrophylla*) a través de la generación de biogás en una unidad productiva del Municipio de Jambalo-Cauca,» Popayán, Cauca, 2019.
- [50] N. L. Alvear Nárvaez, A. Figueroa Casas, et al., Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos Departamento del Cauca, Popayán, Cauca: Universidad del Cauca, 2009, p. 23.
- [51] S. M.-. V. N. A.-. L. Jhon F. Imbachi-Hoyos., «Utilización del Subproducto de Fique Licor Verde, como Controlador de Plagas en el Cultivo de Repollo,» *SciELO*, vol. 10, nº 1, 06 2012.
- [52] Fernando Javier Martínez, Zhaira Stephanie Parra, «Evaluación in vitro del efecto del jugo de fique (*Furcraea gigantea* vent.) fermentado con *Bacillus megaterium* M46 contra *Phytophthora infestans* (mont) de Bary.,» San Juan de Pasto, Nariño, 2011.
- [53] Bart Van Hoof, Néstor Monroy, et al., Producción más limpia: Paradigma de gestión ambiental., Bogotá, D.C.: Primera Edición, 2008.
- [54] DIGESA, «Parámetros organolepticos,» 2017.
- [55] Sandra Morales Velasco, Dagua Mosquera Dani, et al., «Usos de los subproductos provenientes de la agroindustria del fique (*Furcraea* cabuya) en el municipio de Totoró - Cauca- Colombia,» Totoro, Cauca, 2008.
- [56] M. M. P. Camila Raquel Huamán Tello, «Eficiencia en la Reducción del DBO5 y DQO en la Ptar en la Encañada Cajamarca 2021,» Cajamarca, Perú, 2021.
- [57] «Uso del Extracto de FIQUE (*Furcraea* sp.) Como Coadyuvante de Coagulación en Tratamiento de Efluentes de Pastelería.,» 2011.
- [58] L. A. V. S. V. Q. L. S. D. Lina Maria Ramos Ortega, «Análisis de la Contaminación Microbiológica (Coliformes Totales y Fecales) en la Bahía de Santa Martha, Caribe Colombiano,» vol. 13, nº 3, pp. 87-98, 2008.
- [59] M. C. B. Peña, «Diseño preliminar de una planta de tratamiento de aguas residuales PTAR en el municipio de Nuevo Colón Boyacá,» Bogotá, D.C., 2021.
- [60] E. A. G. Gustavson, «Optimización de los métodos para el estudio de riesgo asociado a la contaminación fecal del agua y alimentos: cuantificación de patógenos y del riesgo de infecciones virales y análisis

virales y análisis metagenómico de virus asociados a hepatitis,» Barcelona, España, 2018.

- [61] M. M. R.-B. e. a. Jeny Adina Larrea-Murrell, «Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura,» *REVISTA CENIC*, vol. 44, nº 3, pp. 24-34, 2013.
- [62] OPS Organización Panamericana de la Salud, «Saneamiento básico agua segura, disposición de excretas y manejo de la basura,» Buenos Aires, Argentina, 2022.
- [63] «Aprovechamiento del bagazo del fique (*Furcraea macrophylla*) en la producción de compost, vereda "el Maco" Municipio de Jámalo- Cauca,» Popayán, Cauca, 2019.
- [64] G. C. e. a. Castro Liliana, «Estabilización del bagazo de fique: Digestión anaerobia de una biomasa lignocelulosica en Colombia,» 2016.
- [65] E. L. Myriam Carmenza Rojas, «Biofunguicida a partir del jugo de fique (*Furcraea* spp) y evaluación de su efectividad sobre la gota (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*),» *Educación en ingeniería*, vol. 7, nº 13, pp. 13-22, 18 05 2012.
- [66] M. F. P. P. Fabian Rojas Sanchez, «EVALUACIÓN DE *Eichorhornia Crassipes*, *Lemna Minor* y *Azola Anabaena* Para la Fitorremediación de las Aguas Contaminadas del Río Bogotá Para su Posterior Uso como Agua de Riego en la Producción de Hortalizas,» 2018.
- [67] «Fitorremediación en Aguas Residuales Sin Tratamiento Previo. Caso: Tierra Negra, Boyacá,» 2018.
- [68] «Tratamiento Biológico de Aguas Residuales: Principios, Modelación y Diseño,» IWA PUBLISHING, 2018.

Anexo 3: Matriz de Leopold.

I		A		ACTIVIDAD DE CULTIVO DE FIQUE				ACTIVIDAD DE CORTE Y DESFIBRADO			ACTIVIDAD DE LAVADO		ACTIVIDAD DE SECADO		SUMATORIA TOTAL					
				ASOCIACION DEL TERRENO	CONTRUCCION DEL SEMILLERO	LIMPIEZA DEL TERRENO	CORTE DE FENCA	DE SFIBRADO DE LA FIBRA NATURAL	GENERACION DE SUS PRODUCTOS	GENERACION DE VIBRACIONES Y RUIDOS	LAVADO CONVENCIONAL EN LAS FUENTES HIDRICAS	LAVADO EN TANQUE CONVENCIONAL	ENCUBER UN PUNTO DEL POSICIONAR EL TENDERO DE LA FIBRA	DE BEMEDAR LA FIBRA Y QUITAR RE SIDUOS	PROMEDIO IMPACTOS POSITIVOS	PROMEDIO IMPACTOS NEGATIVOS	PROMEDIO ARITMETICO	IMPACTO AMBIENTAL POSITIVO (+)	SUMATORIA COMPONENTE	IMPACTO TOTAL
FISICO	SUELO	Alteración de las condiciones del terreno para siembra de semillas	-1												1	-1	124	312	581	
		Alteración de las características físico químicas del terreno						-7	-7			-6	-6		2	85				
		Erosión	-2	-2								-6	-6		2	40				
	AIRE	Emisión de olores por la descomposición del bagazo					-4	-1	-4						3	37	71			
		Emisiones por quemaz			-3	-3			-5	-5					2	34				
	AGUA	Alteración de los torrentes hídricos superficiales									-7	-7			1	49	117			
		Alteración del recurso hídrico por infiltración	-4	-4								-6	-6		2	52				
		Extinción de especies									-4	-4			1	16				
	BIOLOGIO	FAUNA Y FLORA	Migración de especies	-1	-1							-4	-4			3	18			165
Plagas y vectores									-7	-5	-2	-2			3	78				
Impacto visual					-1	-1	-1		-2	-2	-7	-3	-1	-1	7	69				
SOCIO ECONOMICO	ECONOMIA	Generación de empleo	5	5		5	5									104	104			
		Impacto económico	2	2		2	5						7	4	55					
	CULTURA	Alternativas eco sostenibles											7	7	1	49				
		Promedios positivos	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	5							
		Promedios negativos	4	1	2	1	1	5	3	5	4	1	0		27					
		PROMEDIO ARITMETICO	30	11	10	11	38	83	45	149	117	1	49		581					

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4: Formato de encuesta ejecutado para la recolección de información en las zonas de estudio.

MODELO DE ENCUESTA PARA FORMULAR ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA CABUYA.				
FECHA (DD/MM/AAAA)		LOCALIZACION		
Número de encuesta	Vereda Las Huacas	Vereda san Juan	Vereda La Laguna	Vereda el Canelo
	Cualquier información que sea proporcionada será estrictamente confidencial, su nombre y respuestas no serán mostradas o compartidas con ninguna otra persona. Sus respuestas nos permitirán plantear una alternativa para el tratamiento de las aguas residuales generadas en el proceso del beneficio del fique en el sector. La participación en esta encuesta es voluntaria. Sus puntos de vista son importantes para nosotros y esperamos que participe.			
Nombre del productor:		Edad:	Cédula:	
Nombre de la finca productora:		Área total del predio:		
Punto de georreferencia:		Área de siembra:		Número de plantas:

**INFORMACIÓN GENERAL
SELECCIONE CON UNA X LA RESPUESTA QUE
PARA USTED SEA LA ADECUADA.**

1). ¿Cuál es su nivel de estudios?:

No cuenta con nivel de estudios	
Primaria	
Bachiller	
Técnico	
Tecnólogo	
Profesional	
Otro	

2). Número de integrantes en su vivienda:

1 o 2 personas	
2 o 4 personas	
> 4 personas	

3). ¿A cuál grupo étnico/ racial pertenece?

Blanca	
Mestiza	
Indígena	
Afro	
Mulata	
Campesina	

4). ¿Su residencia cuenta con agua potable?

SI	
NO	
OTRA	

Si su respuesta es otra, indique cual:

5). ¿Su residencia cuenta con pozo séptico?

SI	
NO	

6). ¿Su residencia cuenta con servicio de electricidad?

SI	
NO	

7). ¿Hace cuánto vive en su predio?

Menos de 6 meses	
Más de 3 años	
Mayor a 10 años	

FORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

8). ¿Cuál es el número de hectárea (Ha) / metro cuadrado (m²) sembrada de plantas de fique en su predio:

SI	
NO	

9). ¿El cultivo del fique y la transformación de la fibra natural es su único ingreso económico?

SI	
NO	

10). ¿Cuenta con otros cultivos de siembra?

SI	
NO	

• Si su respuesta es SI indique cuales:

11). ¿Qué tipo de siembra maneja en su predio?

Siembra dispersa	Distancias no uniformes, distribuidos entre los linderos del predio.
Siembra compacta	Utiliza distancias de siembras entre 2 a 3 metros entre surcos y 1,20 – 1,50 m entre plantas
Siembra asociada	Distribuido en surcos aislados, lo cual permite la siembra de otros cultivos.

12). ¿Pertenece a algún gremio fiquero a nivel regional o nacional?

SI	
NO	

• Si su respuesta es SI indique cual/es:

13). ¿Cuenta con certificación por parte de algún gremio fiquero?

SI	
NO	

• Si su respuesta es SI indique cual:

14). ¿Tiene conocimiento acerca de los protocolos para tener certificación como productor de fique?

SI	
NO	

15). ¿Tiene conocimiento acerca de cada proceso de transformación del cultivo para obtener la fibra natural del fique?

SI	
NO	

INFORMACION ACERCA DEL PROCESO PRODUCTIVO

16). ¿Cada cuánto realiza el corte de hoja de fique en su predio?

17). ¿Cuántas cosechas de fique realiza al año?

18). ¿Cuántas pencas despencan en una semana/ cosecha?

19). Según su conocimiento, ¿cuál es el porcentaje de humedad que contiene una planta de fique?

20). ¿Cómo realiza el proceso de desespinado?

Manualmente	
De forma mecánica	
No realiza el proceso	

21). ¿Cómo realiza el proceso de desfibrado?

Manualmente	
-------------	--

De forma mecánica	
No realiza el proceso	

22). ¿Cómo realiza el proceso de fermentado/lavado?

Directamente en la quebrada	
En tanques de plástico de 1000 L	
Tanques de porte bajo de cemento y ladrillo de dimensiones 4*3 m ²	
No realiza los procesos	

- Si su respuesta fue tanque plástico/cemento indique cuantos litros de agua potable o agua no tratada utiliza para los dos procesos:

23). En base a la pregunta anterior, si no realiza directamente el proceso de fermentado/lavado del fique en la quebrada ¿cómo realiza el proceso de captación del agua para realizar el proceso de lavado en los tanques?

Manualmente utilizando baldes	
Utiliza una moto bomba para bombear el agua de la quebrada hacia los tanques	
Utiliza una moto bomba para bombear el agua desde el pozo séptico hacia los tanques	
OTRO	

- Si su respuesta es OTRO indique cual:

24). Según su conocimiento, ¿cuánto porcentaje de jugo vegetal contiene una penca en el proceso de fermentado?

25). ¿Para el proceso de lavado de la fibra natural emplea alternativas, tal como la recolección de agua lluvia?

SI	
NO	

26). Si no realiza el proceso de lavado en los tanques ¿por qué la realiza directamente en la quebrada/ río?:

El proceso de fermentación y lavado se demora más en los tanques	
Se utiliza más agua en los tanques	
Causa molestias y se debe hacer mayor fuerza para quitar los residuos de la hoja.	
Todas las anteriores	

27). Según su conocimiento, ¿cuántas pencas de hoja de fique se utilizan para sacar un kilo de fibra natural de cabuya?

Entre 10 y 16 pencas	
Entre 20 y 25 pencas	
Entre 25 pencas y 36 pencas	

28). En base a la pregunta anterior, según su conocimiento ¿cuántos litros de agua se consumen para sacar un manojo de fibra natural de cabuya?

Entre 500 y 900 litros	
Entre 900 litros y 1500 litros	
Entre 1500 litros y 4000 litros	

29). ¿Cómo realiza el proceso de secado?

Pechero liso colgado	
Alambre	
En el Suelo	

SI	
NO	

35). ¿Realiza el proceso de tinturado de la fibra natural?

SI	
NO	

PREGUNTAS COMPLEMENTARIAS

36). ¿Realiza el proceso de hilado de la fibra natural?

SI	
NO	

37). ¿Qué tipo de fibra natural se obtiene en el proceso de transformación final?

Manojos de fibra natural	
Cabuya tipo fina para textiles	

38). ¿Ha recibido charlas o apoyo institucional por parte de entidades para la producción más limpia de esta fibra natural, tales como alternativas o mejoramiento en el proceso de lavado y desfibrado?

SI	
NO	

- Si su respuesta es SI, indique cuales:

INFORMACION ACERCA DE LA COMERCIALIZACIÓN

39). Realiza la venta de la fibra natural entre:

Paca o bulto de 50 Kilos	
Toneladas	
Otro	

30). ¿Conoce las problemáticas generadas por el lavado del fique y las alteraciones al suelo por la disposición final inadecuada del bagazo al suelo?

SI	
NO	

31). ¿En cuáles de estas actividades reutiliza las aguas provenientes del proceso del lavado?

Fermentación de cultivos	
Plaguicidas	

32). ¿Reutiliza el bagazo que se genera del proceso productivo del beneficio del fique en su predio?

SI	
NO	

Si su respuesta es SI, indique de qué manera en la siguiente tabla:

Abono orgánico	
Sustrato para cultivos	
Protección de suelos	
Concentrado para animales	
Todas las anteriores	

33). ¿Cuántos kg/día de bagazo se generan en la extracción de la fibra natural en tiempo de cosecha?

INFORMACION ACERCA DEL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DE LA FIBRA NATURAL

34). ¿Realiza el proceso de transformación denominado escamado, el cual consiste en desenredar las fibras?

Fuente: Elaboración propia.