

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 JAMBALÓ-CAUCA



ELMER ANDRÉS URRESTY SÁNCHEZ

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
POPAYÁN, 2019

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 JAMBALÓ-CAUCA



ELMER ANDRÉS URRESTY SÁNCHEZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Ambiental y Sanitario

DIRECTOR

Ing. PhD. JORGE ELIECER MANRIQUE JULIO

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
POPAYÁN, 2019

## **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 Ingeniero Ambiental y Sanitario.

---

Director del trabajo de grado

---

Jurado 1

---

Jurado 2

## DEDICATORIA

Uno de los propósitos como persona y como hijo, ha sido el realizarme como profesional hoy gracias al apoyo incondicional de mi madre María del Socorro Sánchez Sánchez y mi padre Celio Urresty Mesa, que siempre han estado presentes motivándome a realizar cada sueño propuesto e inculcándome valores que me ayuden a ser mejor persona e hijo, puedo tener la satisfacción del deber cumplido obteniendo este logro dedicado a ellos.

A mi hermano Javier Alexis Urresty Sánchez, un gran ser humano, un excelente amigo y un excelente profesional muy inteligente decidido y capaz de lograr todo lo que se trace para su vida, le dedico este logro tan importante en mi vida; de él siempre recibí los mejores consejos y un apoyo fundamental que ha contribuido en mi formación personal.

Durante el tiempo vivido en la universidad conocemos personas que también aportan en tu vida, hoy puedo decir con felicidad que el destino me ha premiado permitiendo conocer a una compañera de clases, amiga y novia Melisa Julieth Gordon Morillo quien fue pieza fundamental por su apoyo y acompañamiento durante la culminación de mis estudios universitarios.

Finalmente, y con una felicidad que enorgullece mi vida puedo comprender y entender que el esfuerzo realizado durante mi tiempo en la universidad y en las aulas de clase, hoy obtengo el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario, con el que espero aportar a la sociedad mi conocimiento y mis capacidades en el campo de la ingeniería.

## **AGRADECIMIENTOS**

Doy gracias a Dios por llenar mi vida de bendiciones, enseñanzas y oportunidades. A mi familia quien ha sido el motor fundamental para llegar a obtener este logro, a mi director institucional Jorge Eliecer Manrique por brindarme su conocimiento y apoyo durante el trabajo realizado, a la ingeniera Aura Luz Molano por permitirme hacer parte del convenio que creo la primera agenda ambiental del fique en el departamento del Cauca.

Igualmente agradezco a la ingeniera Rubiela Tulande, Secretaria de Desarrollo Agropecuaria, Ambiental, Minero y Turístico del municipio de El Tambo Cauca, quien me apoyo con su conocimiento y experiencia en el desarrollo de mi trabajo, así como también a la ingeniera Yina Fernanda Jiménez, quien hizo parte del convenio apoyando el desarrollo de mi trabajo,

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1. PROBLEMA.....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
2. MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES.....	18
2.1. ANTECEDENTES.....	18
2.2. BASES TEÓRICAS.....	19
2.2.1. El fique en Colombia.....	19
2.2.2. Especies cultivadas en Colombia.....	20
2.2.3. Transformación del fique.....	20
2.2.4. Evaluación de impacto ambiental (EIA).....	21
2.2.5. Biodigestor.....	22
2.3. MARCO NORMATIVO.....	29
3. METODOLOGÍA.....	30
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	30
3.2. FASE I: DIAGNOSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL FIQUE.....	31
3.3. FASE II: EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES.....	33
3.3.1. Implementación de una lista de chequeo.....	34
3.3.2. Matriz de interacción para la valoración de Impactos.....	34
3.4. FASE III: FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE FIQUE.....	36
3.4.1. Implementación y construcción.....	37
3.4.2. Alimentación.....	40
3.5. FASE IV: Cuantificación de la producción de biogás.....	41
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	43
4.1. FASE I: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FIQUE.....	43
4.1.1. Encuestas directas y simultáneas.....	43
4.2. FASE II: EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES.....	50
4.2.1. Lista de chequeo.....	50
4.2.2. Matriz de impacto ambiental.....	52
4.3. FASE III: IMPLEMENTACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y OBTENCIÓN ADECUADA DE GAS.....	55

4.4. FASE IV: CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN.....	56
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	59
5.1. CONCLUSIONES.....	59
5.2. RECOMENDACIONES .....	60
BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXOS.....	64

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Especies cultivadas de fique.....	20
Tabla 2. Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaerobia. ....	25
Tabla 3. Tiempo de retención materia orgánica a descomponer. ....	25
Tabla 4. Comparación procesos aerobios y anaerobios. ....	25
Tabla 5. Marco Normativo.....	29
Tabla 6. Veredas de mayor producción. ....	33
Tabla 7. Criterios de valoración de impacto ambiental. ....	34
Tabla 8. Rangos de valoración de impactos. ....	36
Tabla 9. Cantidad de residuos suministrados. ....	41
Tabla 10. Encuestas. ....	44
Tabla 11. Lista de chequeo.....	50
Tabla 12. Identificación de impactos ambientales.....	53
Tabla 13. Altura de la llama. ....	55
Tabla 14. Medición de pH. ....	56
Tabla 15.Registro de temperatura y producción de biogás presión. ....	57

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Área sembrada, área cosechada y producción del cultivo del fique. ....	19
Figura 2. Esquema proceso de producción del fique. ....	21
Figura 3. Esquema general del proceso de digestión anaerobia. ....	24
Figura 4. Esquema cúpula o campana flotante. ....	26
Figura 5. Esquema cúpula o campana fija. ....	27
Figura 6. Esquema biodigestor tubular. ....	27
Figura 7: Biodigestor tubular seleccionado para el proyecto. ....	28
Figura 8. Ubicación geográfica municipio de Jambaló – Cauca. ....	30
Figura 9: Socialización del trabajo de campo. ....	31
Figura 10. Recolección de información en campo (encuestas). ....	32
Figura 11. Reconocimiento preliminar de la zona. ....	37
Figura 12. Esquema medidas de construcción, adecuación de la fosa y materiales. .....	38
Figura 13. Excavación de la fosa con las dimensiones requeridas. ....	38
Figura 14. Preparación bolsa plástica y amarre de los extremos. ....	39
Figura 15. Válvula de salida y válvula de seguridad. ....	39
Figura 16. Instalación biodigestor, techo y cerramiento. ....	40
Figura 17. Manómetro instalado y esquema de su posición. ....	41
Figura 18. Propiedad finca. ....	44
Figura 19. Nivel de escolaridad del productor. ....	44
Figura 20. Hectáreas de fique. ....	45
Figura 21. Variedad de fique. ....	45
Figura 22. Lavado de la fibra. ....	46
Figura 23. Litros de agua utilizados por ciclo. ....	46
Figura 24. Agua residual del lavado de la fibra. ....	47
Figura 25. Conoce impactos ambientales. ....	47
Figura 26. Fique base económica. ....	48
Figura 27. Transformación de la fibra. ....	48
Figura 28. Impactos valorados. ....	52
Figura 29. Fuentes hídricas. ....	53
Figura 30. Biodigestor y estufa Instalado. ....	55
Figura 31. Variación de pH. ....	56
Figura 32. Variación de temperatura y presión. ....	57

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato encuesta productores. ....	64
Anexo 2. Formato encuesta asociaciones. ....	66
Anexo 3. Formato encuestas empresas. ....	68
Anexo 4. Formato instituciones. ....	70
Anexo 5. Formato lista de chequeo. ....	71
Anexo 6. Entrevista realizada a la Asociación de Fiqueros del Territorio de Jambaló - AFITEJ. ....	72
Anexo 7. Entrevista realizada Empaques del Cauca S.A. ....	74
Anexo 8. Entrevista realizada a la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. ....	75
Anexo 9. Entrevista realizada a la Corporación Universitaria de Comfacauca. ....	76
Anexo 10. Matriz de valoración de impactos. ....	77

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue implementar una estrategia de aprovechamiento del bagazo de fique a través de la generación de biogás mediante el uso de biodigestores. El biogás producido a través de esta alternativa es generado por la acción de microorganismos en ausencia de oxígeno (proceso anaerobio), el cual es aprovechado por la comunidad para la cocción de alimentos y calefacción y adicionalmente se produjo un subproducto líquido con potencial de ser aprovechado como abono.

Se desarrolló un trabajo en campo con el fin de caracterizar las comunidades productoras y el estado de producción de fique en la región, mediante una evaluación de aspectos e impactos ambientales, seguido de la instalación de un sistema de generación de biogás con el cual se pretendió aprovechar los residuos generados. Para la alimentación del biodigestor se alimentaron 15 kg de bagazo de fique y 10 kg de estiércol de bovinos (inóculo) diariamente, durante 30 días (tiempo de carga) y a los 15 días de cargado el biodigestor se realizó la evaluación de la producción de biogás por medio de la medición de temperatura, pH y presión del sistema.

Los resultados obtenidos demostraron que la mejor producción de biogás se obtuvo a una temperatura de 23°C y un pH de 8,8 con una presión de 6,6 mbar, lo que indica que el uso de bagazo de fique es un residuo eficiente para la generación de biogás.

**Palabras clave:** Bagazo de fique, biodigestor, biogás, impacto ambiental.

## ABSTRACT

The objective of this work was to implement a strategy to exploit the bagasse of fique through the generation of biogas through the use of biodigesters. The biogas produced through this alternative is generated by the action of microorganisms in the absence of oxygen (anaerobic process), which is used by the community for cooking and heating and additionally produced a liquid byproduct with the potential to be used as fertilizer.

Developed fieldwork to characterize the production communities and the production status of fique in the region, through an assessment of environmental aspects and impacts, followed by the installation of a biogas generation system with which it was intended to take advantage of the generated waste. 15 kg of fique bagasse and 10 kg of bovine manure (inoculum) were fed daily for 30 days (loading time) and after 15 days of loading the biodigester was carried out the evaluation of the production of biogas by means of the measurement of temperature, pH and pressure of the system.

The results obtained showed that the best biogas production was obtained at a temperature of 23 °C and a pH of 8,8 with a pressure of 6,6 mbar, indicating that the use of fique bagasse is an efficient residue for the generation of biogas.

**Keywords:** Fique bagasse, biodigester, biogas, environmental impact.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la producción de fique es considerada como una de las principales actividades económicas de los productores campesinos; se estima que a nivel nacional se encuentran 11648 productores, representados en un grupo de 50000 a 70000 familias. El departamento del Cauca se posiciona como el principal productor del país con una producción anual de 3167,16 toneladas, beneficiando a cerca de 4970 productores en diferentes municipios de la región, sin embargo, este proceso genera graves problemas medioambientales, debido a los residuos producidos que afectan tanto a las aguas superficiales como a los suelos [1].

Es importante destacar que la fibra de fique es un recurso muy valioso para las comunidades campesinas brindando un sustento económico, pues es usado en la elaboración de empaques y artículos artesanales como bolsos, lazos, sombreros, alpargatas, entre otros. De ahí que su importancia también se centra en la condición de biodegradabilidad de la fibra, convirtiéndola en una alternativa con menor impacto ambiental en comparación con las fibras sintéticas [1].

En el proceso de producción de fique solo se aprovecha el 4% de la penca, el 96% son residuos como bagazo y jugo que son desechados. Estos presentan alto contenido de saponinas, azúcares, esteroides y minerales, que ocasionan contaminación de las aguas subterráneas y superficiales, afectando la disponibilidad de la misma para el consumo humano y su calidad para la vida acuática [1].

Dado que los subproductos de la planta tienen un alto potencial de aprovechamiento, se plantea una alternativa para la producción de biogás a través de la implementación de biodigestores a base de bagazo de fique, lo que contribuye a la activación de las economías locales y a la disminución de la contaminación ambiental causada no solo por los residuos generados, sino también por el uso de leña en las cocinas rurales.

# 1. PROBLEMA

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, la población mundial se enfrenta a diversos problemas ocasionados por el uso irracional de los recursos naturales y los desechos generados, los cuales han ocasionado una crisis ambiental que ha mostrado sus efectos en los últimos años. El incremento anual de la producción de residuos sólidos en países desarrollados se encuentra entre el 3,2% y 4,2% y en los países en vía de desarrollo entre 2% y 3% [2]. Lo anterior es reflejo de una sociedad consumista que ha llegado a producir más residuos que bienes de uso y consumo y que sumado a la mala disposición de estos, ha ocasionado grandes problemas ambientales asociados a la contaminación del agua, aire y suelo [3], [4].

La industria colombiana del fique (*Furcraea spp*) contribuye a la economía del país ya que genera cerca de 50000 empleos, es cultivado por pequeños productores, quienes en un 80% poseen áreas de cultivos de 1 a 3 hectáreas y el 20% restante ha desarrollado un modelo extensivo de cultivo, centrado en los departamentos de Cauca, Nariño, Santander, Antioquia y Boyacá [6]. El departamento del Cauca se posiciona como el mayor productor de fique, con 9430 hectáreas sembradas y 10349 toneladas de fibra producida, lo que corresponde al 43% de la producción total nacional. La mayor producción en el departamento se encuentra distribuida principalmente en los municipios de El Tambo, Jambaló, Silvia, Piendamó y Totoró [7].

Sin embargo, el sector fiquero enfrenta actualmente diferentes problemáticas dentro de las cuales se encuentran las de tipo ambiental, asociadas a las etapas de cultivo y beneficio de la planta, la más significativa es la contaminación del recurso hídrico por prácticas inadecuadas en el manejo y disposición de los residuos generados, teniendo en cuenta que el fique presenta un alto contenido de sustancias tóxicas como azúcares, proteínas sapogénicas, esteroides y minerales [1], que afectan la vida de organismos acuáticos y la disponibilidad de agua para el consumo humano.

Los residuos como el bagazo y jugos representan el 96% del peso de la planta, en la mayoría de casos son desaprovechados y arrojados a suelos, orillas de quebradas y ríos cercanos [5], al descomponerse producen malos olores y lixiviados tóxicos. El lavado es realizado en estos mismos afluentes y en tanques, que luego son vaciados directamente al suelo, el consumo de agua para este proceso es excesivo, ya que se requieren más de 1000 litros de agua por cada 126,5 kg de fibra [6], [7].

Dentro del Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019 del municipio de Jambaló, se identificaron 740 familias como productoras de fibra de fique y 29 veredas, donde

prevalece el cultivo de la especie conocida como Uña de Águila (*Furcraea macrophylla*), con una producción estimada de 540 toneladas en aproximadamente 450 hectáreas [8]. Los productores de la región realizan malas prácticas de gestión y manejo de los residuos que se derivan del corte, desfibrado y lavado, no existe ningún tipo de control, ni procesos de capacitación o asesoría, que les permitan hacer un aprovechamiento de los subproductos generados en la cadena productiva [8]. Pese a que se cuenta con normas que permiten mejorar las condiciones ambientales en todas las etapas de la cadena productiva (NTC 5637 y NTC 5517) y obtener certificaciones del producto para potenciar su comercialización, estas no son aplicadas.

De acuerdo con lo anterior, es importante desarrollar estrategias sostenibles de control de contaminación para lo que se propuso un método de aprovechamiento de uno de los residuos generados (bagazo), como alternativa de disminución del impacto, por medio de su utilización como materia prima para la producción de biogás.

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Según la Política Nacional de Producción más Limpia de 1997, se estableció que en todos los procesos productivos se deben desarrollar prácticas para la protección de los recursos naturales, con el fin de mitigar impactos ambientales generados por el sector productivo en Colombia [9]. El mal uso de los recursos naturales por las diferentes actividades agrícolas e industriales es una de las principales causas de los problemas ambientales en el país, generando diversas afectaciones en el ambiente, como la pérdida de biodiversidad y ecosistemas, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, entre otras [10].

Para enfrentar los problemas ambientales generados en la etapa de beneficio del fique en el municipio de Jambaló, es necesario conocer las características particulares de la zona, que permitan desarrollar alternativas viables y aplicables al contexto real. La academia es un apoyo importante y estratégico para abordar este tipo de procesos, aportando en el desarrollo de un producto con muchos beneficios económicos, sociales y ambientales que deben ser potenciados.

El municipio de Jambaló, como uno de los productores de fique más representativos en el departamento del Cauca, se configura en una región estratégica para la implementación de una alternativa de disminución de los contaminantes resultantes de la actividad fiquera y es por ello que se propuso la implementación de biodigestores que usen el bagazo de este producto como materia prima para la producción de biogás. Esta alternativa eficiente y de bajo costo, minimizará el volumen de residuos generados en el beneficio de fique, producirá energía renovable y disminuirá los niveles de contaminación y presión ambiental sobre el recurso hídrico. Adicionalmente, el biogás obtenido podrá reemplazar el uso de leña o de gas propano en la cocción de los alimentos, además, generando grandes beneficios económicos, ambientales y de salud para la comunidad campesina que hace parte de la cadena productiva del fique [11].

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Implementar una alternativa de aprovechamiento del bagazo de fique a través de la generación de biogás en una unidad productiva del municipio de Jambaló (Cauca).

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Elaborar el diagnóstico del proceso de producción del fique.
- Formular e implementar una estrategia de aprovechamiento del bagazo de fique.
- Evaluar la producción de biogás en una unidad productiva de fique.

## 2. MARCO TEÓRICO O REFERENTES CONCEPTUALES

### 2.1. ANTECEDENTES

La utilización de reactores anaerobios en la producción de biogás teniendo como materia prima residuos agroindustriales, es una alternativa que ha arrojado resultados positivos, por ello a continuación presentamos las investigaciones realizadas por diferentes autores con respecto al tema:

En la investigación realizada por Barrera et al [12] se utilizó bagazo generado durante el beneficio del fique como sustrato para la producción de biogás, mediante digestión anaerobia, utilizando como inóculo un lodo de PTAR. La producción de biogás en los diferentes experimentos arrojó hasta un 22% de contenido de metano, la cual se obtuvo utilizando una temperatura de 27°C, pH 7, presión atmosférica y agitación manual discontinua.

Rivera et al [13] evaluaron la viabilidad de utilizar el bagazo generado durante el beneficio del fique, para la producción de gas metano mediante un proceso de digestión anaerobia a escala de laboratorio utilizando estiércol como inóculo. Los biodigestores utilizados fueron inyectados con CO<sub>2</sub> durante 20 minutos y una temperatura de incubación mesofílica de 39°C durante un periodo de operación de 15 días; después del cual se obtuvo una producción del 43% de metano, demostrando así que es posible la producción de metano a partir del bagazo de fique, lo cual permitiría plantear una solución a un problema ambiental y ofrecer una alternativa en la producción de energías renovables.

Escalante et al [14] describieron la digestión anaerobia del bagazo del fique, utilizando como inóculo una mezcla de lodo ruminal y lodo de estiércol de cerdo a través de la evolución del azúcar reductor total, grasa volátil total ácidos y volumen acumulado de metano. La producción de biogás tuvo una concentración de metano de 60-65%, el cual tuvo un poder calorífico de 1,38 kWh/kgVS usando estiércol cerdo.

Tobón [15] afirmó que el uso de tecnologías de biodigestión como método de aprovechamiento de residuos en la generación de energías renovables es una técnica eficiente y amigable con el ambiente que puede ser aprovechado e implementado en las zonas rurales favoreciendo al desarrollo económico de las comunidades beneficiadas.

Oliveira [16] desarrolló en el poblado de Portelinha Rio de Janeiro Brasil, el uso de sistemas de digestión anaerobia con el fin de aportar un mejor saneamiento básico a la población, esto por la falta de un sistema de alcantarillado, dicho sistema de digestión fue empleado con excretas de humanos arrojando un resultado

satisfactorio y aportando un beneficio, como es la producción de biogás así mismo disminuyo la contaminación generada por la falta de alcantarillado.

Estos estudios demostraron que la utilización de biodigestores, con materia orgánica de desecho es una alternativa, no solo como una verdadera fuente de energía, sino que también puede contribuir a la reducción del impacto ambiental provocado por estos residuos, incluyendo los de la industria fiquera, al darle un valor agregado o uso.

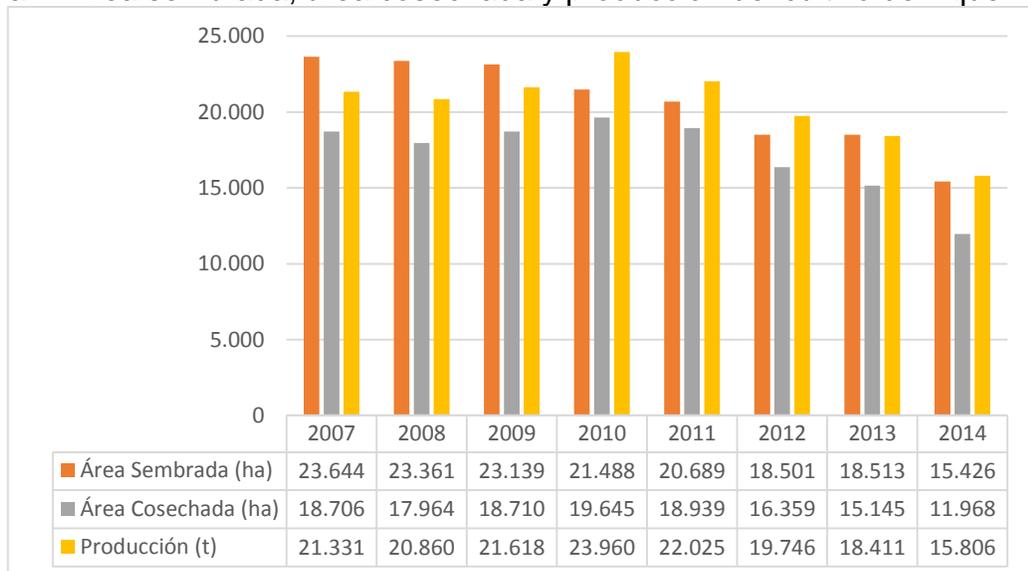
## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. El fique en Colombia

El fique en Colombia es cultivado en la región Andina en la zona alta de la sierra templada y fría; siendo este el país de mayor producción en América Latina con cerca de 30.000 toneladas/año. Actualmente el país cuenta con tres fábricas más importantes Industria Cohilados de Santander, Empaques de Medellín y Empaques del Cauca, ubicadas en diferentes departamentos del territorio Colombiano [17].

El sector productivo del fique está generando en promedio cerca de 50.000 empleos anuales directos en más de 17.000 hectáreas distribuidas en diferentes departamentos del país, la fibra es cultivada por pequeños y medianos productores, bajo un esquema de sostenibilidad social, económico y ambiental; en la (Figura 1) se indica los rendimientos de producción en el territorio colombiano.

Figura 1. Área sembrada, área cosechada y producción del cultivo del fique.



Fuente: [1].

Durante las etapas de producción se obtienen fibra de fique (cabuya), residuos sólidos bagazo y jugo; de los residuos como el bagazo se ha logrado obtener papel, fibra reforzada, aglomerados, relleno de colchones y musgo ecológico. Del jugo se obtienen saponinas: hecogenina y tigogenina (sustancias químicas utilizadas en la industria farmacéutica) [18].

### 2.2.2. Especies cultivadas en Colombia

A continuación, en la tabla 1 se describen las principales especies cultivadas en diversas zonas del país:

Tabla 1. Especies cultivadas de fique.

ESPECIES	DESCRIPCIÓN
Tunosa común	Variedad poco utilizada, ya que es muy susceptible a plagas. Fenotípicamente es carnosas de color verde-azuloso brillante tanto por el haz como en el envés de la hoja.
Uña de águila	Esta variedad requiere de suelos secos y bien drenados, poseen un tronco corto en donde crecen bulbillos, hojas de color verde claro, y de superficie lisa por el haz, color cenizo y áspera por el envés, su tamaño promedio es de 7 a 10 metros de alto.
Ceniza	Es una de las variedades más producida por los productores de cabuya, pero se está dejando de cultivar debido a que su ciclo de producción es corto ya que se florece con facilidad, pueden medir entre 150 - 300 centímetros de longitud y de 15 a 20 centímetros de ancho.
Bordo de oro	Variedad natural de Colombia, posee unas franjas amarillas verticales en sus bordes no posee espinas y es resistente a plagas tiene un altura promedio de 2 a 3 metros.

Fuente: [19].

### 2.2.3. Transformación del fique

El Fique (*Furcraea spp.*) es una planta grande de tallo erguido, su altura varía entre 2 y 7 metros, densamente poblado de hojas de color verde, en forma radial, pueden ser largas de 1 a 3 metros o angostas de 10 y 20 centímetros, carnosas, puntiagudas, acanaladas, y dentado espinosas, las plantas jóvenes consisten en un rosetón de hojas gruesas, carnosas de color verde azuloso. Su flor es de color blanco verdoso, llamada maguay o escapo, sólo florece una vez en su ciclo de vida [1].

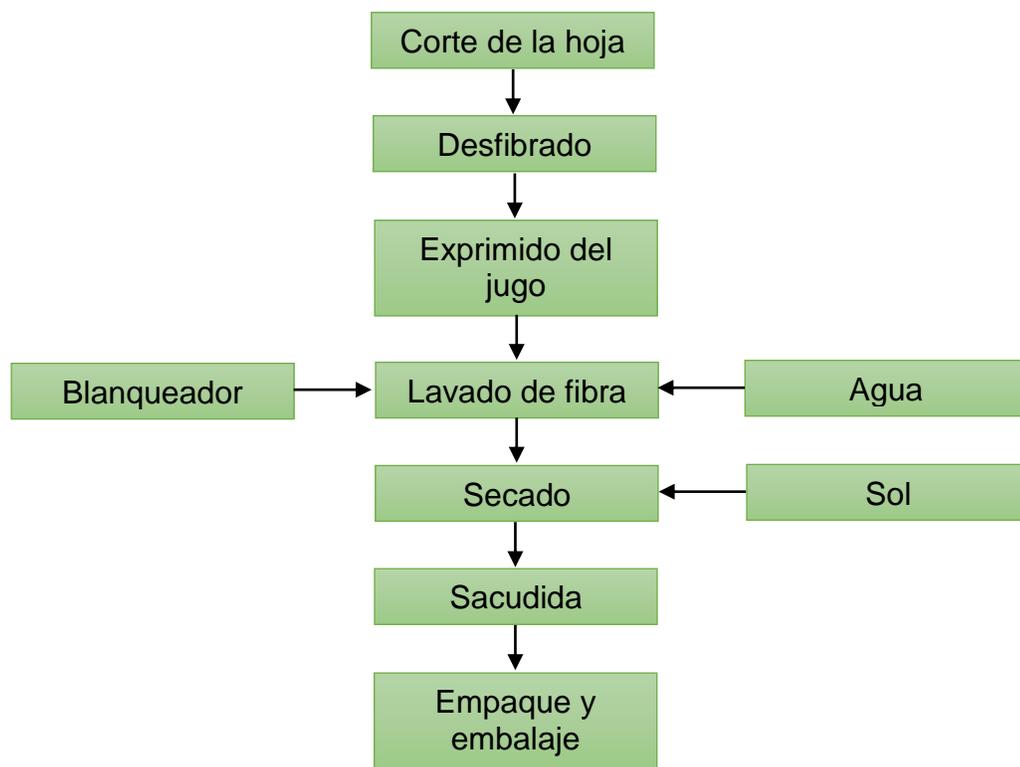
Pueden encontrarse plantas con más de 50 años, pero su periodo típico de vida varía entre 10 y 20 años. Poseen gran cantidad de raíces que se expanden y

enraízan profundamente haciéndola una planta anti erosiva. Su vida útil comienza entre los 3 y 6 años, dependiendo de las condiciones que enfrente [1].

Realizando esta descripción del fique, se tiene en cuenta que uno de los procesos que más continuidad tiene es la transformación de la hoja a fibra, por lo cual es también uno de los más importantes a tratar, ya que después de realizar diferentes actividades como cortado, despinado, desfibrado, lavado y secado, se obtienen una serie de residuos; que pueden llegar a alterar las condiciones del medio ambiente.

A continuación, se muestra un esquema del proceso de producción llevado a cabo y su respectivo residuo, (Figura 2).

Figura 2. Esquema proceso de producción del fique.



Fuente: [1].

#### 2.2.4. Evaluación de impacto ambiental (EIA)

Con el fin de conocer, mitigar y atenuar los impactos ambientales generados por la industria figuera en el municipio de Jambaló Cauca, se implementará una evaluación de impacto ambiental que cumpla con los requerimientos y

compromisos ambientales, disminuyendo los impactos encontrados en la matriz Conesa y una lista de chequeo simple [20].

La Evaluación de Impacto Ambiental corresponde a la identificación y valoración de los impactos más relevantes, producto de la ejecución de un proyecto que pueden afectar los componentes biótico, abióticos, culturales, socioeconómicos y del medio ambiente. Permitiendo el desarrollo de medidas de prevención o correctoras con el fin mitigar impactos negativos al medio ambiente. Actualmente los métodos más utilizados en Colombia son las listas de chequeo y las matrices de interacción, debido a la facilidad en el manejo, bajo costo y eficiencia en resultados, permitiendo una selección adecuada de medidas mitigantes, preventivas de los efectos adversos, respuesta de actividades antrópicas [20].

La Identificación de impactos permite determinar los eventos negativos más significativos de un proyecto, obra o actividad; esto realizado mediante diferentes metodologías como listas de chequeo, encuestas y/o matrices de causa-efecto [20].

- Lista de chequeo: Consisten en un listado de acciones determinadas, factores ambientales, indicadores o listas de impactos con el fin de identificar factores ambientales afectados por la acción humana, que determinan impactos sobre: suelo (usos del suelo, rasgos físicos únicos), agua (calidad), atmosfera (calidad del aire), flora (deforestación), fauna (especies en peligro), recursos (paisajes naturales), recreación (pérdida de pesca), culturales (afectación de comunidades indígenas, cambios de costumbres) [20].
- Encuestas: Es un método de investigación social que ha trascendido el ámbito estricto de la investigación científica, consiste en la formulación de preguntas focalizadas en los temas más relevantes de un estudio y para el actual proyecto [20].
- Matrices-causa efecto: Método utilizado para valorar los factores más relevantes y los factores ambientales más impactados por las diversas actividades antrópicas, con el fin de prever, impedir, minimizar y mitigar los efectos adversos teniendo en cuenta los daños ocasionados, se hará una calificación según el impacto estimado interpretándose como irrelevantes, otros moderados, algunos severos y quizá alguno crítico [20].

### **2.2.5. Biodigestor**

Es un recipiente hermético cerrado de cualquier forma, tamaño y material en el cual se almacena estiércol principalmente de ganado vacuno, cerdos y aves, así como otros desechos orgánicos mezclados con agua, se fermentan por medio de

bacterias y microorganismos anaerobios, transformándose en biogás y bioabono [21].

El biogás obtenido es un gas combustible que contiene principalmente metano ( $\text{CH}_4$ ) (50% a 70%) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (30% a 50%) que permite la utilización de este producto con fines energéticos como: combustibles en la cocina, calefacción, iluminación o incluso como fuente de electricidad cuando este se produce en grandes cantidades. La combustión de este gas no produce humos visibles y su uso como sustituto del gas en las cocinas está comprobado [21].

El fertilizante conocido como bioabono es un abono orgánico que reemplaza con ventaja los abonos químicos y que además proporciona al suelo una serie de beneficios para sus características físicas, químicas y biológicas facilitando la aireación, aumentando la capacidad de retención de humedad, la infiltración de agua y la capacidad de intercambio catiónico [21].

## **A. Digestión anaerobia**

Proceso desarrollado por microorganismos (bacterias) que transforman la materia orgánica en gas y en un lodo rico en nutrientes que puede ser utilizado como abono. Las bacterias requieren de unas condiciones apropiadas con un ambiente propicio para sobrevivir y multiplicarse hasta alcanzar una población suficiente en ausencia de oxígeno, cumpliendo con el requisito de condición anaerobia que permite la supervivencia de los microorganismos, las características del medio o sustrato donde crecen y se multiplican las bacterias, debe tener presente los siguientes ambientes como la temperatura que experimentalmente se ha determinado que debe ser mayor a los  $20^\circ\text{C}$  para lograr una buena producción, el grado de acidez conocido como pH si el ambiente es muy ácido o básico, lo que puede causar la muerte de los microorganismos; (Figura 3) [22].

## **B. Etapas de la reacción anaerobia**

El proceso de producción de biogás se divide en tres fases: hidrólisis, acidificación y formación del metano, donde se involucran tres tipos de bacterias: Bacterias de fermentación, Bacterias acetogénicas, bacterias metanógenas [22].

- Hidrólisis

Transformación de compuestos de masas moleculares más altas a compuestos aptos para usar como fuentes de energía y tejido por medio de enzimas, y da como resultado ácido grasos, monosacáridos, aminoácidos y compuestos relacionados [22].

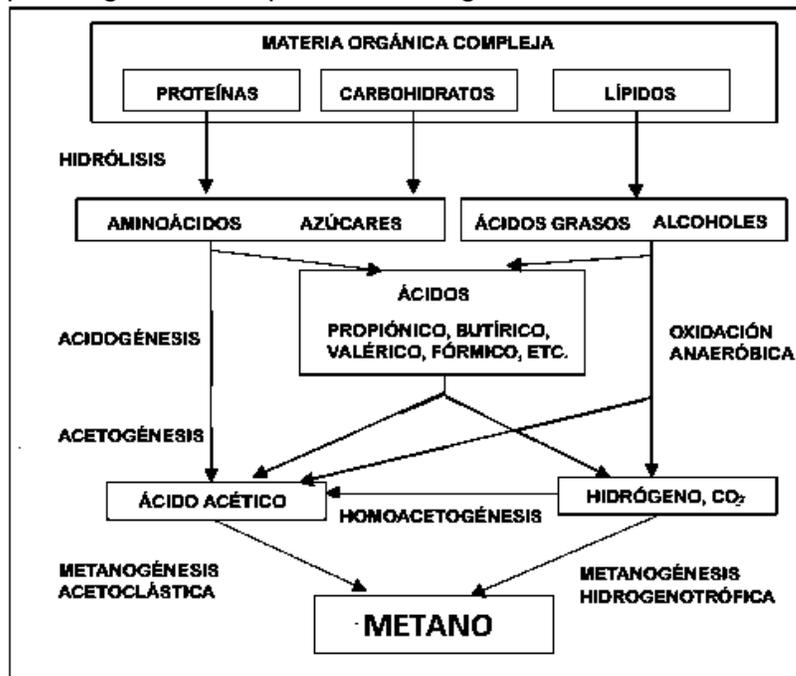
- Acidificación

Las bacterias productoras de ácidos convierten los intermediarios de las bacterias de fermentación de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), hidrógeno ( $\text{H}_2$ ), y bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Estas bacterias son facultativamente anaerobias y pueden crecer en condiciones acidas, las bacterias productoras de ácido crean una condición anaerobia que es esencial para los microorganismos productores de metano [22].

- Formación de metano

Las bacterias productoras de metano descomponen compuestos con bajo peso molecular, utilizan hidrogeno, dióxido de carbono y ácido acético para formar metano y bióxido de carbono [22].

Figura 3. Esquema general del proceso de digestión anaerobia.



Fuente: Adaptado de [22].

### C. Condiciones del proceso anaerobio

Durante el proceso de tratamiento anaerobio de la materia orgánica, se requieren las siguientes condiciones:

- Temperatura: Los procesos anaerobios son fuertemente dependientes de la temperatura; a medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión,

dando lugar a mayores producciones de biogás. Es por esto que la temperatura es un parámetro crucial de diseño. Las variaciones bruscas de temperatura en el digestor pueden desestabilizar el proceso. Existen tres rangos de temperatura en los que pueden trabajar los microorganismos anaerobios demostrados a continuación; (Tabla 2) [22].

Tabla 2. Rangos de temperatura y tiempo de fermentación anaerobia.

FERMENTACIÓN	MÍNIMO	OPTIMO	MÁXIMO	TIEMPO DE FERMENTACIÓN
Psychophilica	4°C – 10°C	15°C – 18°C	20°C – 25°C	Sobre 100 días
Mesophilica	15°C – 20°C	25°C – 35°C	35°C – 45°C	30 – 60 días
Thermophilica	25°C – 45°C	50°C – 60°C	75°C – 80°C	10 – 15 días

Fuente: [22].

- pH: Este parámetro determina la inhibición o toxicidad de las bacterias metanogénicas. Un adecuado funcionamiento se presentará con un pH en el biodigestor entre 6.5 y 7.5 [22].
- Tiempo de retención: Se refiere al tiempo que las bacterias requieren para degradar la materia orgánica. Es uno de los parámetros de diseño más importantes para determinar el volumen total del biodigestor; depende del tipo de biodigestor, es decir, si es estacionario o si es de carga continua, este va a determinar el volumen diario de carga que será necesario para alimentar al digestor; (Tabla 3) [22].

Tabla 3. Tiempo de retención materia orgánica a descomponer.

AMBIENTE	TIEMPO DE RETENCIÓN
Psicrofílico	>45
Mesofílico	10 - 45
Termofílico	<10

Fuente: [22].

El Balance energético de los procesos aerobios y anaerobios se presenta a continuación; (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación procesos aerobios y anaerobios.

PROCESO AEROBIO	PROCESO ANAEROBIO
Durante los procesos aerobios cerca del 60% de la energía se consumió durante la síntesis de nueva biomasa (células de microorganismos) y el 40% de la energía se pierde en la forma de calor de reacción.	Durante los procesos anaerobios casi 90% de la energía que existe originalmente en el sustrato (residual) se retiene en el biogás que se produce durante estos procesos perdiendo solamente en 7% de la energía inicial como calor de reacción.
Durante los procesos aerobios cerca del 50% del carbono contenido en el sustrato se convierten biomasa y otros 50% pasa a bióxido de carbono.	Durante los procesos anaerobios cerca del 95% pasa a biogás (metano (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> ) y sólo el 5% es convertido en biomasa.

Fuente: [22].

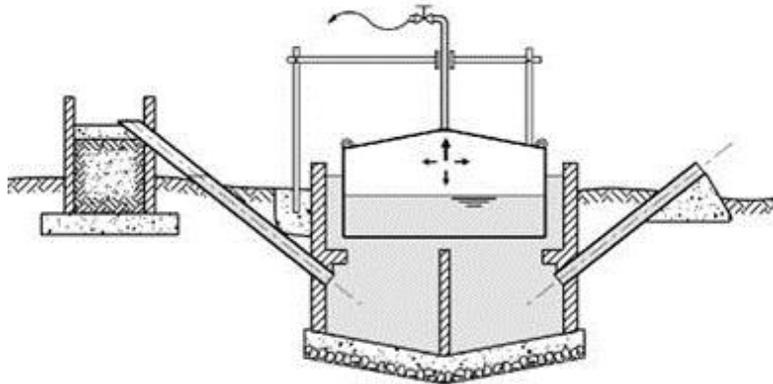
## D. Tipos de Biodigestores

Los biodigestores conocidos como plantas productoras o de producción de biogás, son recintos o tanques cerrados donde la materia y agua residual permanecen un periodo de tiempo logrando su descomposición generando biogás y bioabono; los biodigestores o plantas de biogás sencillos se clasifican en tres tipos descritos a continuación [23].

- **Cúpula o campana flotante**

Se compone de un digestor construido en mampostería o estructura de concreto y un depósito de gas móvil en forma de campana, la cual puede flotar directamente en la masa de fermentación o en un anillo de agua, dependiendo de la producción de biogás. La campana debe tener una guía que permita el movimiento vertical, cuya altura dependerá del volumen de gas almacenado. Es conocido también como biodigestor indio, y puede ser utilizado cuando se necesita de un abastecimiento continuo de biogás y fertilizante, caracterizándose por funcionar como depósito del gas producido, es decir, es el único tipo de biodigestores que tienen un depósito de biogás interior; (Figura 4) [23].

Figura 4. Esquema cúpula o campana flotante.

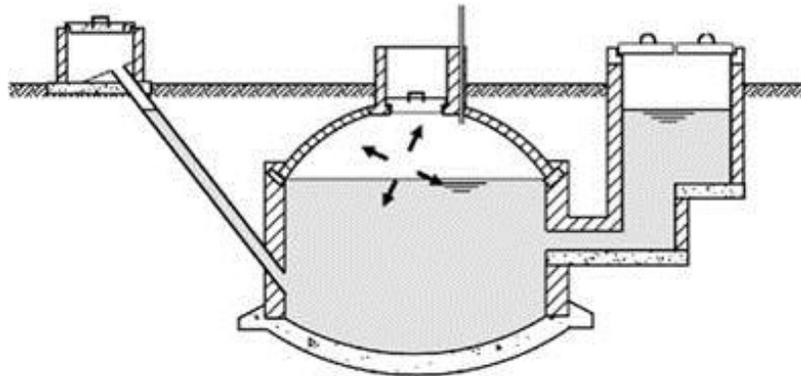


Fuente: [23].

- **Cúpula o campana fija**

Compuesto por un digestor construido en mampostera y un domo fijo e inmóvil cerrado donde se almacena el biogás; es conocido también como biodigestor Chino, y debido a que el gas debe ser liberado continuamente para reducir la presión interna, se utilizan en instalaciones donde el consumo sea continuo; entre sus ventajas se tiene una larga vida útil de aproximadamente 20 años; no posee partes móviles y/o metálicas que se puedan oxidar, como desventaja se encuentra que la presión de gas no es constante; (Figura 5) [23].

Figura 5. Esquema cúpula o campana fija.

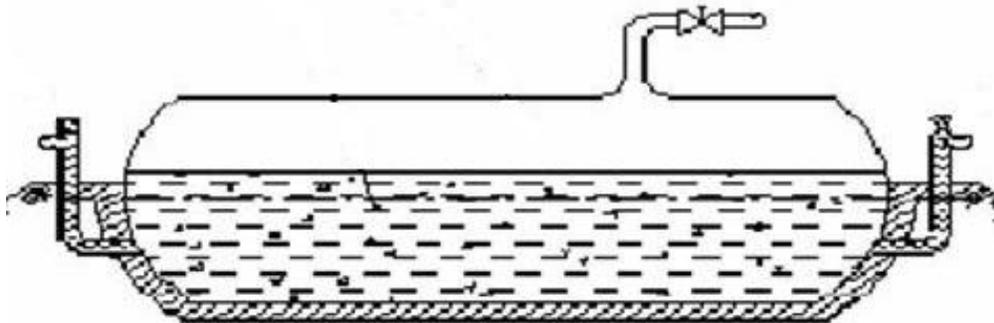


Fuente: [23].

- **Biodigestor tubular**

Compuesto por un material plástico (polietileno, PVC, plastilona, entre otros) completamente sellado, la entrada y la salida están sujetas directamente a las paredes de la planta; esta figura muestra el esquema de esta tipología la parte inferior de la planta, en un 75% del volumen constituye la masa de fermentación, y en la parte superior, el 25% restante se almacena el biogás. Las ventajas de este método es que sus materiales de construcción son de fácil transporte; su instalación y adecuación del sitio son sencillas; bajo costo de construcción y operación pueden ser instalados por la comunidad beneficiada. Son desventajas, la baja presión de gas; una vida útil corta, entre 3 y 8 años, dependiendo del material que se seleccione; (Figura 6) [23].

Figura 6. Esquema biodigestor tubular.



Fuente: [23].

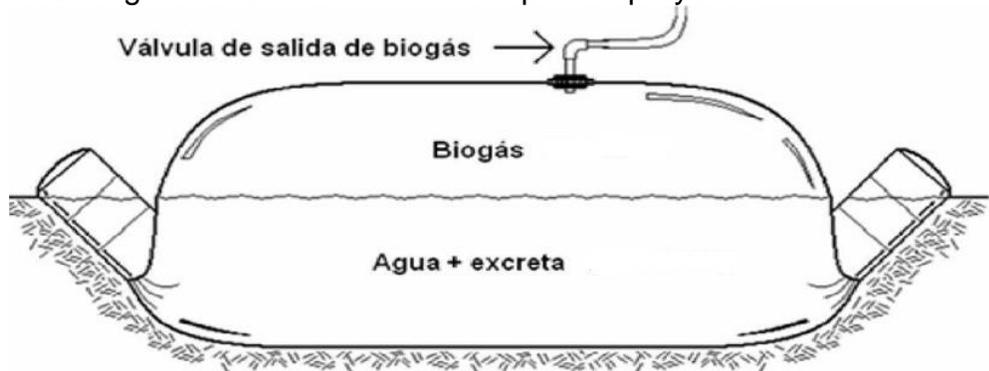
## E. Clasificación biodigestores

De acuerdo con la frecuencia de carga los sistemas de biodigestión se pueden clasificar en continuo, semicontinuo y discontinuo; descritos a continuación.

- Continuo: Se cargan continuamente, tienen la finalidad de tratamiento de aguas negras son perfectos para personas con animales de granja en casa ya que se les da mantenimiento regularmente en pequeñas cantidades. El diseño continuo es el más común y apropiado para instalaciones pequeñas ya que no requiere de conocimiento especializado ni maquinaria grande [23].
- Semicontinuo: Son los más comunes en áreas rurales estos biodigestores se cargan o alimentan diariamente con cargas relativamente pequeñas, en comparación al contenido total en el biodigestor a la vez que se saca de la cámara de descarga un volumen igual de líquido para con ello mantener el volumen constante [23].
- Discontinuo: Recipiente cerrado que una vez cargado no permite extraer o añadir más sustratos hasta que finalice el proceso completo de biodegradación y producción de biogás [23].

Para el desarrollo del presente proyecto se implementará un biodigestor tubular de flujo continuo ideal para zonas rurales, con carga relativamente pequeña con el fin de mantener el volumen constante; (Figura 7).

Figura 7: Biodigestor tubular seleccionado para el proyecto.



Fuente: [23].

### 2.3. MARCO NORMATIVO

Para el desarrollo del trabajo se tuvo en cuenta el marco normativo que hace parte del componente ambiental de los residuos, con decretos y resoluciones hechas por el Ministerio del Medio Ambiente el cual se presenta a continuación en la; (Tabla 5).

Tabla 5. Marco Normativo.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Ley 99/93	"Crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA)." Obteniendo la planificación y Reforma al sector Público encargado de la gestión ambiental, donde se exige la Planificación de proyectos con fundamentos de la política ambiental, teniendo en cuenta la estructura del SINA en cabeza del Ministerio del Medio Ambiente, los procedimientos de licenciamiento ambiental como requisito para la ejecución de proyectos o actividades que puedan causar daño al ambiente y los mecanismos de participación ciudadana en todas las etapas de desarrollo de este tipo de proyectos.
Política Nacional de Producción Más limpia (1997)	Crea el ministerio de ambiente. Establece una propuesta de Política Nacional de Producción Más Limpia, se basa en una perspectiva de largo plazo, con respuestas de solución a las problemáticas ambientales de los sectores productivos (industria) buscando prevenir la contaminación desde su origen.
Decreto ley 2811 de 1974	Código nacional de los recursos naturales renovables RNR y no renovables y de protección al medio ambiente, tiene como objetivo lograr la preservación, conservación y mejoramiento de estos teniendo en cuenta que el ambiente es patrimonio común, del estado y particulares los cuales deben participar en su preservación y manejo.
Ley 23 de 1973	Congreso de Colombia, por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente con principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo.
Gestión Integral de Residuos Sólidos (1996)	Expedida por el ministerio de ambiente y basada en la Gestión de Residuos Sólidos buscando la minimización de cantidad de residuos solos que se generen, al hacer el debido aprovechamiento contribuyendo a los sistemas de eliminación/tratamiento o disposición final.

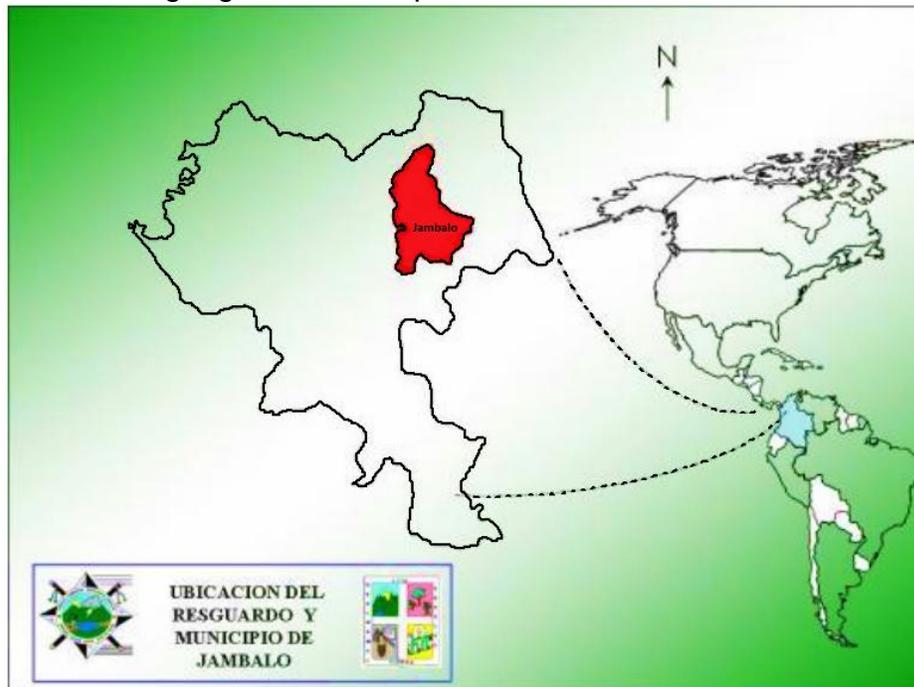
Fuente: [9].

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Jambaló y resguardo indígena de Colombia, cuenta con una población promedio de 16458 habitantes, se encuentra localizado a 80 kilómetros de la ciudad de Popayán sobre la cordillera central de los andes al nororiente del departamento del Cauca y suroriente colombiano. Limitando con los municipios de Caloto, Toribio, Páez (Belalcazar), Silvia, Caldono y Santander de Quilichao; (Figura 8) [8].

Figura 8. Ubicación geográfica municipio de Jambaló – Cauca.



Fuente: [8].

El municipio comprende un área total de 25400 hectáreas, la altura del territorio varía de entre 1700 a 3700 msnm, dada esta condición topografía, el municipio cuenta con diferentes pisos térmicos templado, frío y paramo, presentados en las diversas zonas del territorio alta, media y baja, constituido por reservas naturales, paramos, bosques, lagunas, fauna y flora que constituyen gran variedad de especies forestales, alimenticias y ornamentales también de animales silvestres [8].

La principal actividad económica del municipio es la agricultura, resaltando la producción de fique con una extensión de 450 hectáreas sembradas; siendo esta una de las principales actividades generadoras de empleo en el municipio, seguido

por otras actividades como la ganadería, la caña panelera, cereales, frutas, piscicultura, producción de especies menores y artesanías [8].

La zona media del municipio comprende 11 veredas, en la cual se encuentra ubicada la vereda La Marquesa que fue la seleccionada para el desarrollo del trabajo en campo, esta vereda limita por el norte con la vereda El Tablón, al oriente con la vereda Barondillo, por el occidente con la vereda La Mina y al sur con la vereda Loma Gorda; esta vereda se caracteriza por ser una de las más productoras de la región con aproximadamente 20 Ha de fique sembradas [8].

Basado en lo anterior y como parte del compromiso medioambiental del municipio, Jambaló realizó el convenio N°000347 con la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) y la Alcaldía del Municipio de El Tambo, en el proyecto: “Minimizar el impacto ambiental, en las unidades agrícolas familiares del sector productivo de fique en el Departamento del Cauca”.

### **3.2. FASE I: DIAGNOSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DEL FIQUE**

Para el desarrollo del proyecto, se socializó la propuesta ante los funcionarios de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario de la Administración municipal de Jambaló y los líderes de la Asociación de Fiqueros del Territorio de Jambaló – AFITEJ, con el objetivo de dar a conocer las actividades y las metas de este, y poder solicitar la autorización para la ejecución de las actividades necesarias (encuestas), (Figura 9).

Figura 9: Socialización del trabajo de campo.



Fuente: Elaboración propia.

Las encuestas utilizadas para el levantamiento de la información fueron suministradas por los encargados del convenio N°000347 de la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) y la Alcaldía del Municipio de El Tambo, utilizando el formato llamado “Encuesta de levantamiento de línea base para la elaboración de la agenda ambiental en el cultivo de fique en el departamento del Cauca”. Este comprende 4 formatos dirigidos a los diferentes actores (productores, comercializadores, asociaciones, entidades gubernamentales y sector académico. Ver anexos 1, 2, 3 y 4), donde se establecieron 20, 22, 23 y 49 preguntas, respectivamente.

Las encuestas fueron aplicadas a diferentes actores, como son los productores de fique, comercializadores (Empaques del Cauca S.A, Asociaciones), para conocer el proceso productivo del cultivo del fique en el municipio, igualmente reconocer y analizar aspectos sociales, ambientales, productivos y económicos envueltos en esta actividad, así como también se desarrollaron encuestas al sector académico (Corporación Universitaria Autónoma del Cauca y Corporación Universitaria Comfacauca) con el propósito de conocer investigaciones o aportes que se estén adelantando sobre la cadena productiva del fique en la región.

Para ello se estableció en conjunto con la Asociación de Fiqueros del Territorio de Jambaló – AFITEJ y su representante legal el señor Belisario Yatacué Cuetia realizar una reunión con los productores del municipio en una única jornada llevada a cabo en zona rural donde está ubicado el Centro de Acopio de la asociación, dicha encuesta fue aplicada a 605 personas productoras de fique; igualmente se coordinó con los directivos del proyecto realizar las encuestas correspondientes a otros actores involucrados en el desarrollo del trabajo, (Figura 10).

Figura 10. Recolección de información en campo (encuestas).



Fuente: Elaboración propia.

Toda esta información fue registrada y graficada mediante el uso de la herramienta computacional Microsoft Excel que permitió realizar un análisis detallado de los resultados obtenidos en campo, acompañado del registro fotográfico como evidencia de la actividad realizada.

### 3.3. FASE II: EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

El desarrollo de esta fase se llevó a cabo en una unidad productiva del municipio de Jambaló – Cauca, la cual fue seleccionada teniendo en cuenta el mayor número de hectáreas presentes en la vereda y finca, para ello se tuvo en cuenta la información obtenida en la fase anterior que permitió identificar las zonas más productivas de la región y el proceso de producción del fique que actualmente efectúan los productores del municipio; es así como se optó por trabajar en la vereda La Marquesa que representa un área total de 20 hectáreas destacándose como la de mayor producción de las 24 veredas existentes como productoras, de allí resultó la selección de la finca Guayabal que posee 3 hectáreas sembradas de fique; (Tabla 6).

Tabla 6. Veredas de mayor producción.

N°	VEREDA	AREA	N°	VEREDA	AREA
1.	La Marquesa	20 Ha	13.	Trapiche	10 Ha
2.	El Maco	18 Ha	14.	La Palma	10 Ha
3.	Chimicueto	15 Ha	15.	El Tablón	9 Ha
4.	Loma Gorda	15 Ha	16.	El Epiro	9 Ha
5.	Zumbico	14 Ha	17.	La Mina	9 Ha
6.	El Carrizal	14 Ha	18.	Bateas	9 Ha
7.	Solapa	12 Ha	19.	Ipicueto	8 Ha
8.	Paletón	12 Ha	20.	Loma Gruesa	8 Ha
9.	San Antonio	11 Ha	21.	El Porvenir	7 Ha
10.	Loma Pueblito	11 Ha	22.	Campo Alegre	7 Ha
11.	Guayope	10 Ha	23.	La Laguna	6 Ha
12.	Maco	10 Ha	24.	La Odisea	6 Ha

Fuente: [8].

El método utilizado en esta fase consistió en caracterizar y analizar los factores del proceso productivo y su impacto sobre el medio ambiente; la información para la Evaluación de Impacto Ambiental en la unidad productiva se recolectó en campo por medio de:

- La implementación y análisis de una lista de chequeo para la identificación de aspectos e impactos ambientales.
- Matriz de interacción para la valoración de impactos.

### 3.3.1. Implementación de una lista de chequeo.

Con el fin de identificar aspectos e impactos generados por el proceso de producción del fique se llevó a cabo el desarrollo de una (1) lista de chequeo, realizando un recorrido en compañía del propietario del predio donde se observó y evaluó el estado actual de los diferentes componentes ambientales, bióticos y abióticos más importantes descritos en el formato (Ver anexo 5); toda esta información obtenida fue registrada y analizada de tal manera que se lograra determinar SI existe o NO algún tipo de afectación que pueda alterar el buen vivir de las personas y posterior desarrollo de la unidad productiva.

### 3.3.2. Matriz de interacción para la valoración de Impactos

La evaluación de aspectos ambientales se desarrolló por medio de una matriz, basada en acciones y factores más susceptibles esto bajo el método reportado por Conesa [20]. Inicialmente se llevó a cabo la identificación de los efectos adversos generados por la cadena productiva del fique sobre los diferentes componentes ambientales como son agua, suelo, aire, flora y fauna; posterior a ello se realizó una calificación cualitativa-cuantitativa de los impactos ambientales, con el fin de determinar su importancia y los impactos más relevantes para así generar las medidas mitigantes, preventivas y compensatorias.

A continuación, se presenta la (Tabla 7), que describe los criterios de valoración ambiental que se pueden presentar en la zona; mediante parámetros como: Naturaleza (NA), Intensidad del Impacto (I), Extensión (EX), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergia (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR), Recuperabilidad (MC).

Tabla 7. Criterios de valoración de impacto ambiental.

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN	GRADO EVALUACIÓN	VALOR
Naturaleza (NA)	Se refiere al efecto beneficioso (+) o perjudicial (-) de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores considerados.	Positivo	+
		Negativo	-
Intensidad del impacto (I)	Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa.	Baja	1
		Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
Extensión (EX)	Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto.	Puntual	1
		Parcial	2
		Extensa	4
		Crítica	(+4)
Momento (MO)	Se refiere al tiempo que transcurre entre la acción y el comienzo del efecto.	Largo plazo	1
		Mediano plazo	2
		Corto plazo	4
		Crítico	+4

Continuación Tabla 7. Criterios de valoración de impacto ambiental.

ÍNDICES	DESCRIPCIÓN	GRADO EVALUACIÓN	VALOR
Persistencia (PE)	Refleja el tiempo que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición.	Fugaz (<1 año)	1
		Temporal (1 a 10 años)	2
		Permanente (>10 años)	4
Reversibilidad (RV)	Hace referencia al efecto en que la alteración puede ser asimilada por el entorno (de forma mediable a corto, mediano o largo plazo) debido al funcionamiento de los procesos naturales; es decir la posibilidad de retomar a las condiciones iniciales previas a la acción con medios naturales.	Corto plazo (<1 año)	1
		Mediano plazo (entre 1 y 5 años)	2
		Irreversible	4
Sinergia (SI)	Este criterio contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado.	Sin sinergismo (Simple)	1
		Sinérgico	2
		Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada	Simple	1
		Acumulativo	4
Efecto (EF)	Se interpreta como la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa-efecto.	Indirecto o secundario	1
		Directo o primario	4
Periodicidad (PR)	Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto.	Irregular o discontinuo	1
		Periódico	2
		Continuo	4
Recuperabilidad (MC)	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto.	Recuperable de inmediato	1
		Recuperable a mediano plazo	2
		Mitigable	4
		Irrecuperable	8
Importancia (II)	(II) = +/- (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)		

Fuente: [20].

Una vez establecida la importancia del ítem, se valora el impacto teniendo en cuenta los rangos presentes en la (Tabla 8):

- Irrelevante: Se caracterizan por ser puntuales de baja intensidad estos son reversibles a corto plazo, se recomienda realizar un control periódico y preventivo; su calificación presenta un valor de < 25 y se le asigna un color verde.
- Moderado: Se caracterizan por ser impactos de intensidad media o alta pueden ser reversibles y recuperables a mediano plazo, se recomienda

realizar un control preventivo y de recuperación; su calificación presenta un valor de 25 – 36 y se le asigna un color amarillo.

- **Severo:** Son impactos de intensidad alta o muy alta, pueden ser constantes, reversibles a mediano plazo, se recomienda realizar un control preventivo de mitigación y compensación; su calificación presenta un valor de 37 – 48 y se le asigna un color naranja.
- **Crítico:** Generalmente son impactos de intensidad muy alta o total, pueden ser irreversibles, se recomienda realizar un control preventivo, mitigación y compensación; su calificación presenta un valor de > 48 y se le asigna un color rojo.

Tabla 8. Rangos de valoración de impactos.

CALIFICACIÓN	VALOR
Irrelevante	< 25
Moderado	25 – 36
Severo	37 – 48
Crítico	> 48

Fuente: [20].

### 3.4. FASE III: FORMULACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DEL BAGAZO DE FIQUE

Teniendo en cuenta la literatura, se formuló como alternativa de aprovechamiento de desechos agroindustriales el uso de biodigestores que aporta diferentes beneficios tanto para los productores como para el medio ambiente, lo cual se centra en aprovechar excrementos de animales y residuos orgánicos que se convierten en contaminantes cuando son desechados al medio natural [24].

Los biodigestores aportan al desarrollo económico y ambiental cumpliendo una condición ecológica al reciclar residuos orgánicos convirtiéndolos en subproductos aprovechables como es el biogás y el bioabono; de esta manera se contribuye a la protección de suelo, quebradas, ríos y aire [24].

Para el desarrollo de la alternativa también se tuvo en cuenta la información recopilada en: El diagnóstico del proceso de producción del fique y la Evaluación de Aspectos e Impactos Ambientales; considerando la necesidad de los productores de aprovechar, disminuir y darle un valor agregado a los residuos generados; esto a través de la implementación de energías renovables en este caso Biodigestores.

La alternativa de aprovechamiento se desarrolló en el municipio de Jambaló - Cauca, en la vereda La Marquesa, finca Guayabal; donde se realizó la construcción de un sistema de producción de Biogás (Biodigestor de flujo continuo) que se caracteriza por manejar volúmenes de descargas menores a  $15\text{m}^3/\text{día}$ , además es de fácil transporte, instalación y operación; dicho sistema es construido en plástico tubular transparente calibre 8 con doble bolsa, con una capacidad total de 22,68 litros, siendo el 70% de fase líquida (13,61 litros) y 30% de fase gaseosa (9,072 litros) con 45 días de retención.

### 3.4.1. Implementación y construcción

La implementación y construcción del biodigestor se realizó por parte del autor de este trabajo, y los productores de la Asociación de Fiqueros del Territorio de Jambaló – AFITEJ. Para ello, se realizó un reconocimiento de la zona donde se escogió un terreno que presentara las siguientes características: fácil acceso, área aproximada de  $27\text{ m}^2$ , sitio cercano a la vivienda no mayor a 30 metros de distancia, topografía plana y la existencia de un suministro de agua; todo esto con el fin de que el trabajo pudiera ser desarrollado sin ninguna dificultad, tanto la instalación, la alimentación y el posterior mantenimiento; (Figura 11).

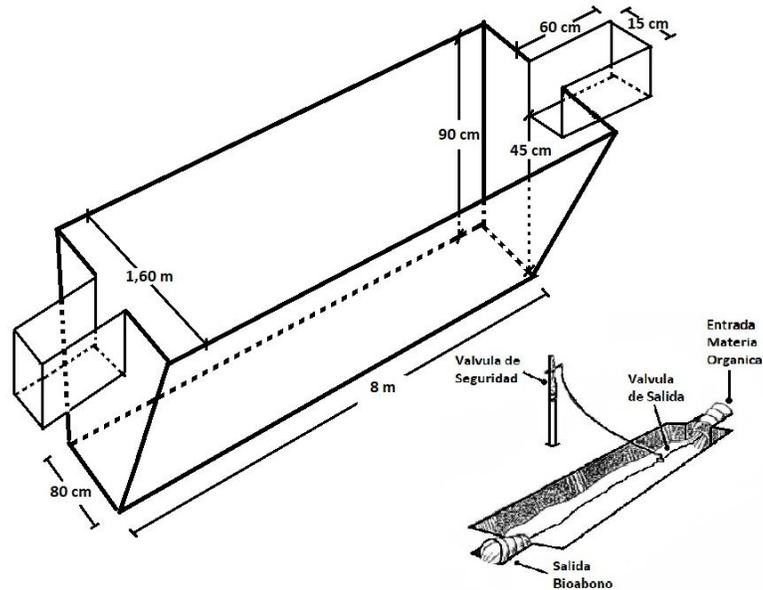
Figura 11. Reconocimiento preliminar de la zona.



Fuente: Elaboración propia.

Para la instalación del biodigestor, se realizó la adecuación del terreno por medio de la delimitación y nivelación del predio en un área que comprende 3 metros de ancho por 9 metros de largo donde posteriormente se realiza la excavación de una fosa con medidas de 8 m de largo por 90 cm de profundidad y 80 cm de ancho; (Figura 12).

Figura 12. Esquema medidas de construcción, adecuación de la fosa y materiales.



Fuente: Adaptado de [22].

Se realizó la excavación de dos zanjas en los extremos para la instalación de los tubos de entrada y salida de los residuos; de igual forma se efectuó la limpieza interna de la excavación con el fin de eliminar cualquier tipo de raíz, piedras o elementos cortantes que pudieran dañar el sistema; por consiguiente, se tuvo en cuenta la realización de la fosa en forma trapezoidal, esto con el fin de generar una mejor distribución de las cargas de presión ejercidas; (Figura 12 y 13).

Figura 13. Excavación de la fosa con las dimensiones requeridas.



Fuente: Elaboración propia.

La construcción del biodigestor se desarrolló en la zona definida para la instalación, se realizó el agrupamiento de los materiales provistos, se preparó la bolsa plástica en una zona plana, la cual se amarró en sus extremos con

neumático alrededor de los dos tubos de PVC de 4 pulgadas que funcionan como entrada y salida del biodigestor; (Figura 14).

Figura 14. Preparación bolsa plástica y amarre de los extremos.



Fuente: Elaboración propia.

En la parte central de la bolsa se realizó un orificio, donde se instaló la válvula de salida del biogás (llave de PVC de 1 pulgada) que luego fue acoplada con la tubería de conducción y posterior a ello se realizó la instalación de la válvula de seguridad; (Figura 15).

Figura 15. Válvula de salida y válvula de seguridad.



Fuente: Elaboración propia.

Finalizada la construcción del biodigestor, se introdujo en la excavación y se ubicaron los extremos de entrada y salida de los residuos de tal forma que

quedaran asegurados y posteriormente se realizó la instalación del techo para cubrimiento del mismo. También se realizó un cerco con una malla plástica alrededor del reactor, el cual le brinda protección evitando el ingreso de algún tipo de animal que pudiera causar daño o afectación. Por último, se procedió al llenado con agua obtenida del río hasta el nivel de las bocas de cada extremo; (Figura 16).

Figura 16. Instalación biodigestor, techo y cerramiento.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Alimentación

El proceso de alimentación se llevó a cabo de la siguiente manera: se colectaron los residuos provenientes de la actividad figuera (bagazo) que comprenden corte y desfibrado, esto en la misma finca donde se realizó el trabajo; de igual forma, se recolectaron residuos orgánicos (estiércol de bovinos) en predios aledaños.

La recolección de los residuos se realizó de forma manual mediante el uso de estopas, las cuales se transportaron desde el punto de recolección hasta el sitio de ubicación del biodigestor. Posteriormente, se procedió a realizar el peso de los residuos con el fin de hacer el ingreso, teniendo en cuenta lo planteado por [11] que establece utilizar 15 kilos de bagazo y 10 kilos de estiércol siendo esta la proporción mínima diaria de ingreso que se define para el tamaño del reactor y la tubería de entrada, estos disueltos en agua con el fin de que no entraran secos y existiera alguna obstrucción en la zona de ingreso.

Se alimentó semanalmente el biodigestor a partir del primer día de instalado durante un periodo de tiempo de 30 días, donde se ingresaron un total de 25 kilos diarios de residuos, el proceso de alimentación se llevó a cabo en conjunto con la comunidad y las personas que habitan la finca, (Tabla 9).

Tabla 9. Cantidad de residuos suministrados.

RESIDUO	FECHA INICIAL	CANTIDAD*DÍAS	FECHA FINAL	TOTAL INGRESADO
Bagazo de fique	01 agosto 2018	15kg*30Días	30 agosto 2018	450kg
Estiércol de vacas		10kg*30días		300kg
<b>TOTAL</b>				<b>750kg</b>

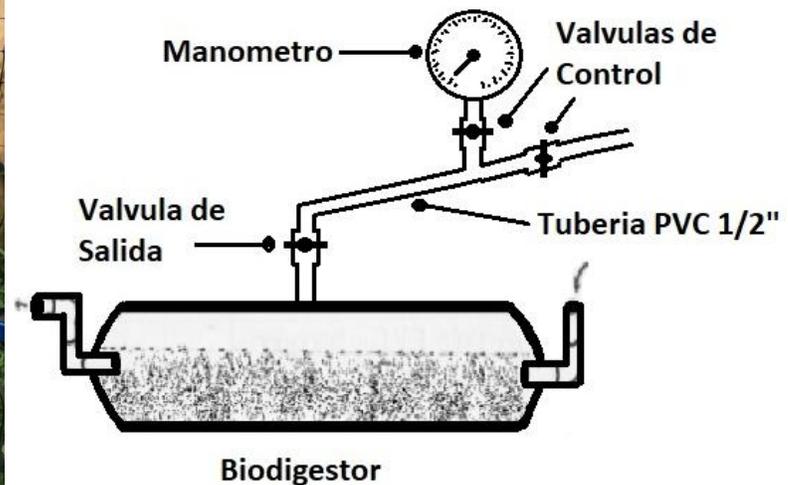
Fuente: Elaboración propia.

### 3.5. FASE IV: CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Con el fin de monitorear la producción de gas, se estableció la medición de presión, temperatura y pH así:

- Presión: Se instaló una tubería PVC de 1/2 pulgada, en la salida superior del biodigestor donde se acopló un manómetro tipo WIKA modelo 233,30. Se realizó un seguimiento de presión durante un (1) mes con una periodicidad de 8 días, a partir del día 45 después de la instalación que es el periodo de tiempo requerido para la fermentación o descomposición de la materia orgánica; (Figura 17).

Figura 17. Manómetro instalado y esquema de su posición.



Fuente: Elaboración propia.

- Temperatura: Se utilizó un termómetro marca CG modelo HTC-2. La medición se realiza en conjunto con la toma de otros parámetros como presión y pH esto durante el mismo tiempo de un (1) mes con la misma periodicidad de 8 días; la temperatura se tomó en la salida del bioabono líquido.

- pH: Se utilizó un pH-metro marca ATC modelo PH-009(I)A). El pH fue tomado en la salida del bioabono líquido, durante un (1) mes y una periodicidad de 8 días.

## **4. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **4.1. FASE I: DIAGNÓSTICO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE FIQUE**

Se identificaron y valoraron los aspectos sociales, ambientales, productivos, económicos y de investigación a los diferentes actores como son: los productores de fique, comercializadores (Empaques del Cauca S.A., Asociaciones) y el sector académico (Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Corporación Universitaria Comfacauca).

#### **4.1.1. Encuestas directas y simultáneas**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las encuestas realizadas, dichos resultados se presentan de manera individual, destacando las preguntas más relevantes, significativas e importantes para el desarrollo del trabajo y la selección de la alternativa de aprovechamiento del bagazo del fique, esto dividido en dos ítems para un total de 605 encuestas:

- A. Productores de fique.
- B. Otros actores compuestos por: Asociación de Fiqueros del Territorio de Jambaló – AFITEJ, Empaques del Cauca S.A., Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Corporación Universitaria de Comfacauca.

#### **A. Productores de fique**

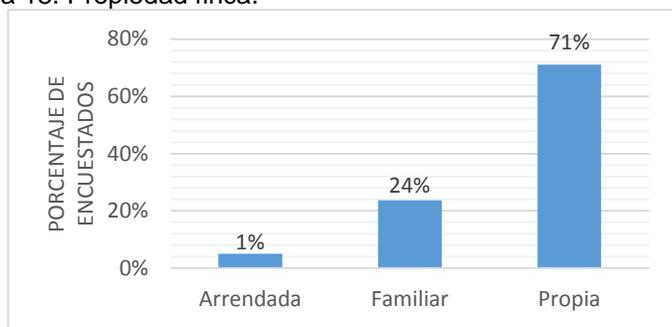
El desarrollo de las encuestas permitió conocer un balance general de como las comunidades están desarrollando el trabajo de producción del fique teniendo en cuenta los diferentes componentes evaluados social, ambiental, económico y productivo; de aquí se logró establecer la alternativa que se implementó teniendo en cuenta las diversas afectaciones que se están presentando por la cantidad de residuos generados, la mala disposición y la falta de aprovechamiento de los mismos en fuentes hídricas cercanas a los cultivos; todo esto descrito a continuación en la Tabla 10.

Tabla 10. Encuestas.

**COMPONENTE SOCIAL**

**¿Cuenta con finca propia?** La población del municipio de Jambaló es dueña de sus fincas y cultivos, lo que beneficia a las comunidades a la hora de producir y comercializar sus productos, obteniendo así mejores ingresos que otros campesinos que no cuentan con predios propios como son arrendados y/o familiares, ya que estos tienen que compartir sus predios o también cancelar arriendos, (Figura 18).

Figura 18. Propiedad finca.

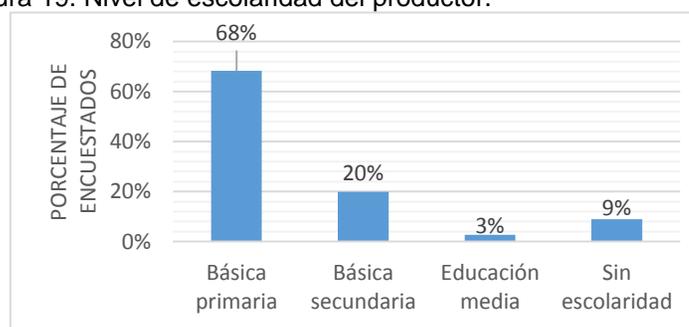


Fuente: Elaboración propia.

Ser dueño de sus predios influye en el desarrollo económico, productivo y ambiental de sus inmuebles teniendo en cuenta que los productores pueden optar por la implementación de sistemas de producción más limpia sin ningún tipo de restricción, así como también ser beneficiarios de proyectos productivos por parte de organizaciones o entidades públicas; a comparación con otros productores que habitan en zonas ajenas consideradas familiares o arrendadas.

**¿Nivel de escolaridad?** El 68% de los productores de fique han cursado solo hasta la básica primaria, indicándose así una baja escolaridad en la región, donde igualmente se encuentra una pequeña muestra de productores que manifiestan haber realizado estudios de básica secundaria 20%, educación media 3% y un 9% no ha realizado ningún tipo de estudios, (Figura 19). El bajo nivel educativo es uno de los factores que influye en las malas prácticas agrícolas de la región teniendo en cuenta que los productores no tienen el suficiente conocimiento con respecto al daño que ocasiona el mal manejo de los residuos producto de la industria figuera.

Figura 19. Nivel de escolaridad del productor.



Fuente: Elaboración propia.

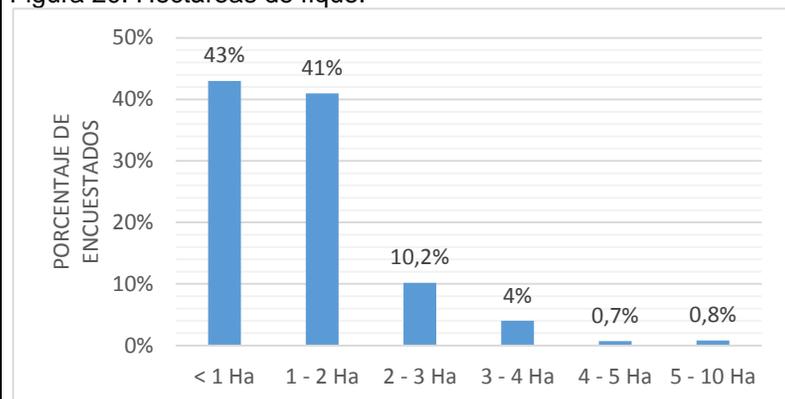
Estos datos reflejan que la comunidad figuera del municipio no tienen el suficiente acceso a una educación, esto por ser una zona rural extensa y de difícil acceso ya que se encuentran ubicados en zonas muy apartadas de escuelas, colegios y universidades; el plan de desarrollo municipal 2016 – 2019 nos muestra una baja cobertura educativa equivalente al 37,6%. Según el Ministerio de Educación Nacional, la zona rural de Colombia tiene un bajo nivel de educación debido a la baja cobertura que existe equivalente a un 30%, comparada con el 65% del área urbana [25].

Continuación Tabla 10. Encuestas.

**COMPONENTE PRODUCTIVO**

**¿Número de hectáreas en fique?** Las unidades productivas caracterizadas, en su gran mayoría son de pequeñas extensiones menores de 1 Ha en el municipio; así como también se presentan medianas y grandes extensiones de producción de fique, pero con menor frecuencia o uso por las comunidades, (Figura 20). Es importante destacar que a mayor cantidad de hectáreas de fique sembradas la cantidad de residuos aumenta (bagazo y jugo de fique).

Figura 20. Hectáreas de fique.

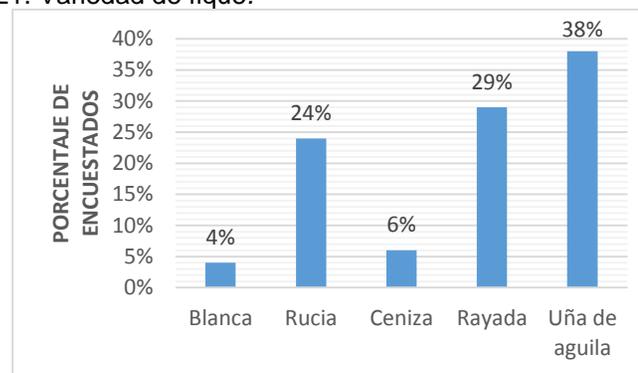


Fuente: Elaboración propia.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, coincide con lo encuestado demostrando que el fique es cultivado por pequeños productores quienes en un 80% tienen extensiones de 1 a 3 hectáreas, mientras que el 20% restante de los productores han establecido cultivos extensivos y compactos en el territorio nacional [26].

**¿Variedad de fique?**; De acuerdo con lo encuestado respecto a las variedades de fique presentes y cultivadas en la región se puede concluir que la variedad uña de águila predomina siendo la de mayor producción comparada con otras variedades presentes como la rayada, rucia, ceniza y blanca identificadas por las comunidades pero que presentan una baja siembra y producción, (Figura 21).

Figura 21. Variedad de fique.



Fuente: Elaboración propia.

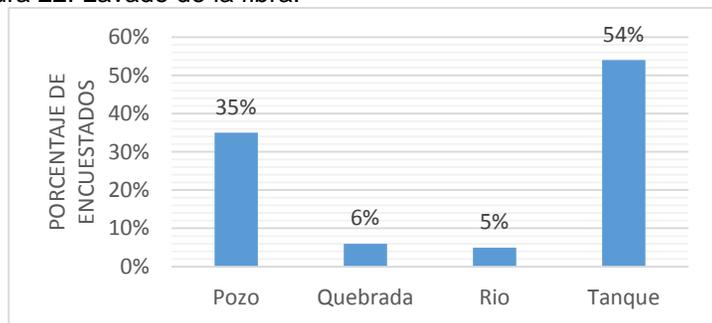
La mayoría de productores del departamento del Cauca y el municipio de Jambaló utilizan o cultivan la variedad uña de águila debido a la cantidad y calidad de fibra que se obtiene, pero dicha variedad también produce una mayor cantidad de residuos por su tamaño de 7 a 10 metros de altura, esta variedad es llamada de diferentes formas dependiendo del municipio, Caldono y Jambaló la conocen con el nombre de rucia, rayada, ceniza y blanca; en Totoró la identifican como cabuya blanca o uña de águila y en El Tambo la mayoría de productores la conocen como uña de águila [27].

Continuación Tabla 10. Encuestas.

**COMPONENTE AMBIENTAL**

**¿Dónde realiza el proceso de lavado?;** La población productora utiliza con mayor frecuencia tanques y pozos de manera improvisada como sistema de lavado de la fibra, generando altos volúmenes de aguas residuales que son arrojadas al suelo después del ciclo de lavado, así como también se hace uso del agua del acueducto, quebradas y ríos ocasionando contaminación a las aguas superficiales y subterráneas por escorrentía; teniendo en cuenta los resultados anteriores se deduce que la falta de conciencia, cultura, educación y apoyo por parte de entidades gubernamentales son algunos de los motivos de un mal proceso de lavado en la región, (Figura 22).

Figura 22. Lavado de la fibra.

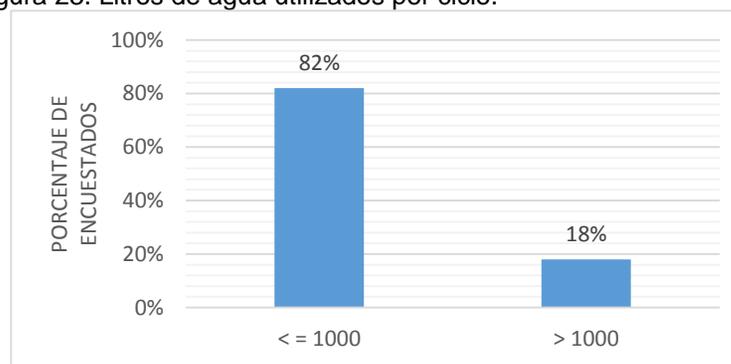


Fuente: Elaboración propia.

Es importa destacar que los productores del municipio de Jambaló están en proceso de implementar un sistema ecoeficiente de lavado constituido por un tanque plástico con una capacidad de mil litros, que beneficiaría el desarrollo agropecuario de la región, mejorando así la calidad de vida de los productores [12].

**¿Cuántos litros de agua utiliza por ciclo?;** El uso del agua es un recurso muy importante en el proceso de producción a la hora de lavar la cabuya desfibrada, los diferentes métodos de lavado son la principal causa del uso excesivo del recurso hídrico, utilizándose por ciclo y con mayor frecuencia entre  $0,5m^3$  a  $1,0m^3$  de agua dependiendo las cantidades de fibra a lavar, así como también se presentaron otras cantidades de agua utilizadas por un pequeño grupo de productores correspondiente a  $2,0m^3$  y  $3,0m^3$ , (Figura 23).

Figura 23. Litros de agua utilizados por ciclo.



Fuente: Elaboración propia.

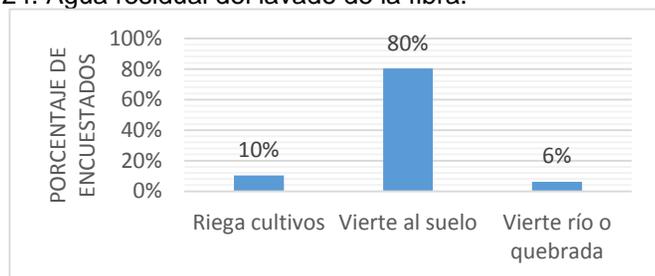
Según la política Nacional de Producción y Consumo, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua a nivel nacional, representado por un uso agrícola equivalente al 54% sobre otros usos diarios como el doméstico equivalente al 29%, industrial 13% y pecuario con un 3% de uso. El uso irracional de agua en los lavados se ha presentado con frecuencia, es importante destacar que la cantidad de agua por lavado son 4 kilogramos de agua por 1 kilogramo de fique [12], [28].

Continuación Tabla 10. Encuestas.

**COMPONENTE AMBIENTAL**

**¿Qué hace con el agua residual del lavado de la fibra?;** Las comunidades productoras de fique en el municipio, actualmente están arrojando las aguas residuales generadas a los suelos; otros productores riegan cultivos, vierten a ríos y quebradas; a raíz de esto se puede deducir que la falta de conocimiento y las costumbres de las comunidades están llevando a ocasionar este tipo de problemas de carácter ambiental, afectando la fertilidad de los suelos, la pérdida de flora, fauna y ecosistemas acuáticos, (Figura 24). El 71% de los productores manifiestan no tener fuentes hídricas cercanas a los cultivos lo que obliga al traslado de la fibra de un punto a otro con el fin de realizar el respectivo proceso de lavado; el 29% manifiestan la existencia de recursos hídricos cercanos a sus predios y cultivos los cuales son aprovechados en el proceso de producción del fique.

Figura 24. Agua residual del lavado de la fibra.

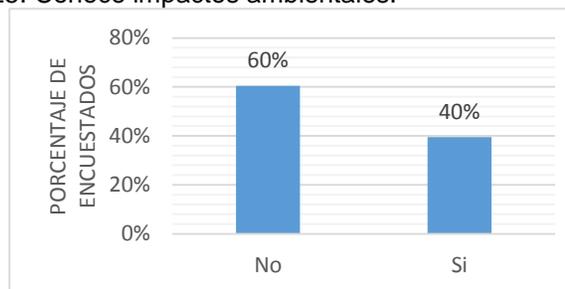


Fuente: Elaboración propia.

Es de resaltar que el municipio de Jambaló según el plan de Desarrollo Municipal 2016 – 2019 cuenta con 2351 nacimientos de agua; se calcula que la región tiene 733 kilómetros de cauces entre (ríos y quebradas) que benefician tanto a los corregimientos, veredas y otras regiones cercanas al municipio [8]. Según el Ministerio del Ambiente, el agua residual proveniente del lavado de la fibra es mucho más contaminante que el jugo de fique. Para aguas arriba, la DBO es de 17.8 mg/l, incrementándose por el lavado del fique a 180 mg/l. Aguas arriba la DQO es de 171.3 mg/l, el cual se incrementa a 537.3 mg/l por el lavado de fique [1].

**¿Conoce impactos ambientales del proceso productivo del fique?;** La comunidad productora de fique manifiesta no conocer ningún tipo de impacto ambiental ocasionado por el proceso de producción, la falta de acompañamiento profesional es uno de los motivos por los cuales se presenta esta situación; otros productores dicen ser conscientes de la afectación que se está ocasionando, pero no toman medidas de mitigación o disminución de impactos ambientales (Figura 25). El desconocimiento de los impactos ambientales y el no aprovechamiento de los subproductos es un reto muy importante que debe ser apoyado teniendo en cuenta que el 62% de los productores no realizan ningún tipo beneficio; por otra parte, se encuentra que el 38% de los productores realizan un mínimo aprovechamiento en la producción de aglomerados como jabones.

Figura 25. Conoce impactos ambientales.



Fuente: Elaboración propia.

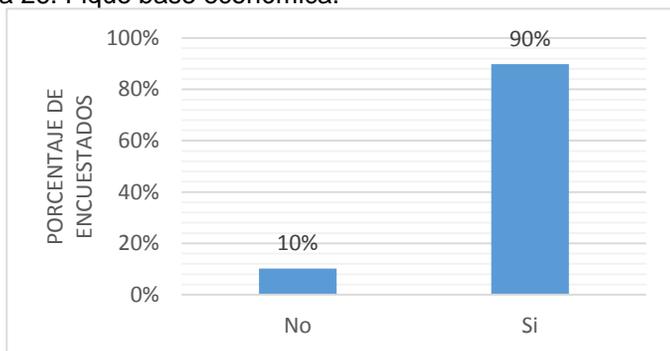
Es importante brindar un acompañamiento profesional con el fin de realizar un aprovechamiento adecuado de los subproductos de la cadena productiva del fique; con el fin de disminuir los impactos ambientales, la cantidad de residuos generados que luego son arrojados a las fuentes hídricas y de esta manera demostrar a la comunidad los diferentes métodos de aprovechamiento de uso eficiente y amigable con el ambiente como lo son los biodigestores.

Continuación Tabla 10. Encuestas.

**COMPONENTE ECONÓMICO**

**¿El cultivo de fique es la base económica de su finca?;** La población campesina y agricultores del municipio de Jambaló, manifiestan que el cultivo de fique es la principal base económica de la región, lo que ha contribuido notablemente al crecimiento económico de las comunidades brindando mejores oportunidades de desarrollo y sustento diario, (Figura 26). Por ello, es importante mantener una economía estable en la región, sin ningún tipo de afectación que se pueda presentar por las malas prácticas agrícolas por parte de los mismos productores.

Figura 26. Fique base económica.



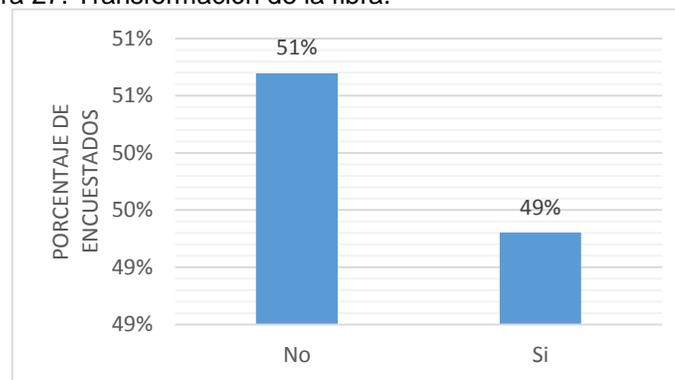
Fuente: Elaboración propia.

Según la guía ambiental realizada por el ministerio del ambiente, el cultivo de fique es uno de los mayores generadores de empleo en el país, actualmente 70000 familias dependen económicamente del fique, el empleo generado para el año 2001 dentro del sector agro productivo fue de 0,6% alrededor de 9719 empleos directores en zonas rurales [1].

Fuente: Elaboración propia.

**¿Realiza transformación de la fibra?;** El uso de las fibras en procesos de transformación como artesanías, manilas, alpargatas, mochilas en la región de Jambaló es una costumbre o tradición de obtener sus propias pertenencias de uso personal, por ello se presenta un porcentaje dividido entre los que si elaboran y los que no elaboran elementos personales derivados de la fibra, (Figura 27).

Figura 27. Transformación de la fibra.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que el pequeño porcentaje de productores que transforman la fibra también comercializan dichos productos derivados con el fin de obtener otros ingresos que ayuden a su estabilidad económica.

## **B. Otros actores**

- Como resultado a la encuesta desarrollada a la Asociación de Fiqueros del territorio – AFITEJ (Ver anexo 6), se logró evidenciar que actualmente se cuenta con un centro de acopio ubicado en zona rural del Municipio de Jambaló Cauca, igualmente se identificó que los productores venden la cabuya a la empresa Empaques de Medellín, la asociación anualmente está acopiando entre 350 a 650 toneladas de fibra de fique.
- De la encuesta desarrollada a la empresa Empaques del Cauca (Ver anexo 7) se logró establecer que la entidad cuenta con 3 centros de acopio en el Departamento ubicados en los municipios de Caldono, Totoró y Jambaló; siendo las asociaciones de fiqueros los principales proveedores de fibra de fique, con una compra mensual de 320 a 500 toneladas, la transformación que realiza la empresa principalmente consiste en la elaboración de costales con una producción mensual de 540000 empaques siendo los agricultores y cafeteros los principales clientes; así como también se establece que en el proceso de transformación se están generando impactos ambientales debido al teñido y lavado de la fibra.
- La encuesta fue desarrollada al Docente Arnold Arias miembro del Grupo de Investigación en Tecnología y Ambiente – GITA de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca (Ver anexo 8) quien manifestó que la institución está desarrollando investigaciones orientadas a la producción de aglomerados titulada “Elaboración de aglomerados a partir del residuo del fique “Bagazo” en el Resguardo de Paniquitá del municipio de Totoró – Cauca”; con el fin de disminuir la generación de residuos producidos en el proceso de producción del fique.
- La Corporación Universitaria de Comfacauga a través de la estudiante investigadora Eicy Campo del semillero Agrocadenas del Cauca (Ver anexo 9) nos manifestó que la Institución está contribuyendo en las comunidades del territorio departamental con actividades como charlas, asesorías orientas a la producción más limpia, con el fin de dar un mejor manejo al cultivo esto en la siembra y control de enfermedades de la cadena productiva del fique.

Dentro de la cadena productiva del fique se encuentran involucrados diferentes actores que contribuyen al desarrollo económico, productivo, ambiental y social de las comunidades productoras; es importante destacar el apoyo de la empresa Empaques del Cauca S.A a las asociaciones del Departamento entre ellas AFITEJ del municipio de Jambaló, así como también el apoyo institucional que vienen adelantando las universidades para el mejoramiento de las condiciones actuales orientadas en las practicas inadecuadas en la obtención de fibra, aprovechamiento de subproductos, gestión medio ambiental y acciones de higiene y seguridad.

### 3.2. FASE II: EVALUACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Se realizó una evaluación de aspectos e impactos ambientales en la vereda La Marquesa finca Guayabal, mediante el uso de listas de chequeo y matriz de valoración de impactos que permitió identificar los componentes ambientales más susceptibles generados por el proceso de producción del fique.

#### 3.2.1. Lista de chequeo

Los resultados obtenidos durante el desarrollo de una lista de chequeo, utilizada con el fin de determinar el estado actual de los componentes ambientales Agua, Suelo, Aire, Flora y Fauna en la finca, se presentan a continuación, donde inicialmente se realizó una descripción de la finca y posterior a ello las respectivas observaciones encontradas en campo.

Tabla 11. Lista de chequeo.

DESCRIPCIÓN DE LA FINCA				
Finca	La Marquesa			
Datos geográficos	Altitud	Coordenadas		
	1854 msnm	2°50'47.2" N - 76°18'39.9" W		
CATEGORÍA	TEMA	SI	NO	OBSERVACIONES
Agua	¿Existen vertimientos?	X		Los vertimientos se encuentran cercanos a las fuentes hídricas y no tienen ningún tipo de tratamiento o manejo.
	¿Realizan captación de agua?	X		Proveniente de Ríos y Quebradas.
	¿Usada para consumo y/o agricultura?	X		
	¿Olor?		X	
	¿Permiso concesión de aguas?		X	Decreto 1076 de 2015 que establece el permiso para el aprovechamiento de las aguas superficiales otorgado por la Autoridad Ambiental.
	¿Riegos?	X		Realizados a otros cultivos como maíz y frijol.
	¿Pozo séptico?	X		Encontramos 2 pozos sépticos en mal estado, realizados sin ningún tipo de recubrimiento a las paredes, estos son el único método de disposición final de aguas residuales.
Suelo	¿Erosión?		X	
	¿Uso del suelo?	X		Actualmente el uso del suelo es compartido por diferentes actividades agropecuarias (como cultivos y/o ganadería).
	¿Vertimientos directos al suelo?	X		El vertimiento se observa en la etapa de despinado, desfibrado y lavado.

Continuación Tabla 11: Lista de chequeo.

CATEGORÍA	TEMA	SI	NO	OBSERVACIONES
<b>Suelo</b>	¿Se dispone material inorgánico directamente al suelo?		X	El material inorgánico es depositado en huecos o es incinerado se observan latas, botellas y bolsas plásticas.
	¿Residuos sólidos peligrosos?	X		Envases de agroquímicos.
	¿Agroquímicos?	X		Aplicados a los cultivos de fique.
	¿Tipo de cultivos?	X		Se presentan cultivos asociados y monocultivos.
	¿Disminución de cobertura?		X	
	¿Quemas de cultivos?	X		Para la nueva siembra de cultivos.
	¿Permiso de vertimientos?		X	Decreto 1076 de 2015 que establece el permiso para el vertimiento de aguas residuales otorgado por la Autoridad Ambiental.
<b>Aire</b>	¿Agroquímicos?	X		Aplicados a los cultivos de fique.
	¿Quema de cultivos?	X		Para la nueva siembra de cultivos.
	¿Uso de madera?	X		Para labores domésticas (cercas, cocinar).
	¿Quema de basura?	X		Método de disminución de residuos sólidos.
	¿Olor?	X		Pozos sépticos, basura arrojada a los huecos.
<b>Flora - Fauna</b>	¿Tala de árboles?	X		Para el uso doméstico y/o agropecuario (cercas, cocinar, ampliación de cultivos y ganadería)
	¿Reforestación?		X	
	¿Permiso de aprovechamiento forestal?		X	
	¿Bosques cercanos?	X		Bosques nativos.

Fuente: Elaboración propia.

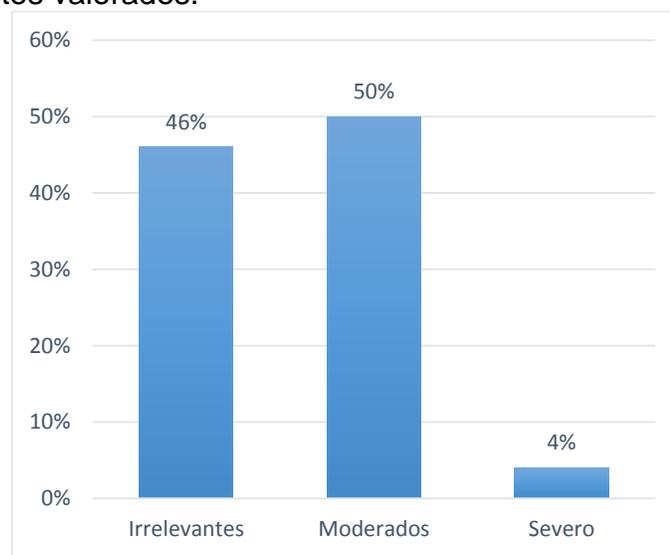
Con la lista de chequeo se logran conocer diferentes actividades cotidianas que se realizan en la finca de manera improvisada y por necesidad de los productores. Se recalcan varias labores dentro del componente hídrico como la realización de vertimientos, la captación de agua, riegos y el uso de pozos sépticos. El uso del suelo es otro de los factores observados destacándose la mala disposición de residuos orgánicos y peligrosos, la quema de cultivos, así como también, se presentan otras acciones dentro del componente aire que hacen presencia en esta unidad productora como el uso de agroquímicos, la quema de cultivos, basura y el uso de madera; finalmente se exhiben dos últimas actividades dentro del componente flora y fauna, como son la presencia de bosques y la tala de árboles. Dichas actividades nombradas anteriormente se pueden observar detalladamente en la (Tabla 11) donde igualmente se presenta la observación que se obtuvo en campo de cada actividad.

Toda esta información recopilada se usó para el desarrollo de la matriz de impacto ambiental, permitiendo dar una valoración a cada componente encontrado durante el desarrollo de la lista de chequeo.

### 3.2.2. Matriz de impacto ambiental

Se desarrolló una matriz de valoración de impactos ambientales (Ver anexo 10), que permitió identificar y clasificar la importancia de cada impacto, de esta manera se evidenciaron un total de 24 impactos ambientales generados por el proceso de producción de fique en la unidad productiva que tiene una incidencia moderada en el medio ambiente con una puntuación entre los 14 y 44 puntos.

Figura 28. Impactos valorados.



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado de la matriz de valoración de impactos se obtuvo:

- El 50% de los impactos son de carácter moderado, presentándose impactos en diferentes componentes, el ambiental presenta afectaciones hídricas, atmosféricas y suelos, así como también un impacto social en la calidad de vida de las personas.
- El 46% de los impactos son irrelevantes lo que indica que no tiene mayor incidencia al medio natural.
- El 4% de los impactos son de carácter severo presentándose una afectación a las aguas superficiales, por consiguiente, se debe hacer un seguimiento con el fin de mejorar, mitigar o prevenir y de esta forma disminuir los efectos adversos a los diferentes componentes ambientales bióticos y abióticos.

A continuación, se describirán los impactos más relevantes ocasionados por la actividad productiva del fique, tomados de la matriz de valoración de impactos ambientales, (Ver anexo 10) (Tabla 12).

Tabla 12. Identificación de impactos ambientales.

COMPONENTE	IMPACTO	IMPORTANCIA	CRITERIO
Agua	Afectación de corrientes superficiales	44	Severo
Agua	Afectación de corrientes superficiales	29	Moderado
Agua	Afectación de corrientes subterráneas	29	Moderado
Agua	Afectación de corrientes superficiales	28	Moderado
Suelo	Alteración estructura del suelo	30	Moderado
Suelo	Alteración de características fisicoquímicas	30	Moderado
Suelo	Alteración de características fisicoquímicas	27	Moderado
Suelo	Alteración de características fisicoquímicas	26	Moderado
Aire	Emisiones por quemas	25	Moderado

Fuente: Elaboración propia.

### A. Impactos sobre el agua

El componente agua presenta una afectación por las actividades realizadas en el proceso de producción, específicamente en la cosecha y poscosecha. La zona cuenta con dos fuentes hídricas, río Jambaló y quebrada Miguak de las cuales se abastece tanto el hogar como la unidad productiva dado que en la zona no existe sistema de acueducto, (Figura 29).

Figura 29. Fuentes hídricas.



Fuente: Elaboración propia.

Actualmente el uso de las fuentes hídricas en la unidad productiva presenta una gran importancia para estos productores ya que estas son la única fuente de abastecimiento utilizadas en las diferentes actividades agropecuarias incluyendo el proceso de producción, exactamente en el lavado de la fibra que requiere una cantidad considerable del líquido; según [1] el beneficio convencional del fique presenta grandes consumos de agua; para el lavado de 126,5 kg de fibra se necesitan 1000 litros de agua. Estas fuentes también son utilizadas para el consumo diario que comprenden labores domésticas como aseo personal, cocina etc.

El resultado de la valoración de impacto de las fuentes hídricas es severo a raíz de las malas prácticas agrícolas teniendo en cuenta que los residentes de esta finca realizan vertimientos de desperdicios del fique y lavado de la fibra en dichas fuentes presentes en el predio, lo que genera impactos a corto y largo plazo como la modificación de ecosistemas acuáticos y la pérdida de flora y fauna.

## **B. Impacto sobre el suelo**

El suelo ha presentado un impacto moderado a raíz de diferentes actividades realizadas para el proceso de producción del fique como la adecuación del terreno para la siembra del cultivo, corte y despalme, desfibrado, fermentado y lavado generando altos volúmenes de residuos sólidos; a raíz de esto se presenta un aumento de procesos erosivos, la alteración de propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del suelo; así como también se observa una afectación paisajística.

Según la guía ambiental del subsector fiquero la producción de residuos en el proceso de extracción de la cabuya constituye el 96% del peso de la hoja; igualmente es importante resaltar que el fique por ser una planta de corte absorbe gran cantidad de nutrientes que alteran la productividad de los suelos [1].

## **C. Impacto sobre el aire**

Es evidente la contaminación del aire, esto a raíz de la quema de residuos sólidos, derivados del hogar por las diferentes etapas de desarrollo y posterior siembra y cosecha del cultivo. Las emisiones que se generan en los procesos de combustión de biomasa y residuos producen gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global.

Las quemas es una práctica muy común de los productores en el proceso de poscosecha con el fin de eliminar rastrojos en los terrenos de siembra; esto es realizado por el bajo costo y facilidad de ejecución; pero esta práctica constituye una fuente importante de emisiones de contaminantes al aire de compuestos

como el metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), hidrocarburos (NMHC: Non-Methane hydrocarbons), y partículas de aproximadamente 10 micras (PM10), los cuales pueden ocasionar daños a la salud [29].

#### 4.3. FASE III: IMPLEMENTACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y OBTENCIÓN ADECUADA DE GAS

Como resultado de la formulación de la alternativa de aprovechamiento del bagazo de fique, basado en la revisión bibliográfica, se obtuvo la instalación de un biodigestor y estufa para el aprovechamiento del biogás esto en zona rural del municipio de Jambaló Cauca, en la vereda La Marquesa finca Guayabal, (Figura 30).

Figura 30. Biodigestor y estufa Instalado.



Fuente: Elaboración propia.

El buen funcionamiento y obtención de biogás es otro de los resultados destacados en el desarrollo de este trabajo; por ello a continuación se presenta una evaluación de la llama (altura y color).

La altura y color de la llama presentaron una evolución satisfactoria, teniendo en cuenta que la materia prima para llevar a cabo dicho trabajo es el bagazo de fique; por consiguiente, se describen los resultados representados en la, (Tabla 13).

Tabla 13. Altura de la llama.

FECHA	MEDICIÓN	ALTURA DE LA LLAMA
14/09/2018	Medición 1	14 cm
21/09/2018	Medición 2	13 cm
28/09/2018	Medición 3	12 cm
05/10/2018	Medición 4	12 cm

Fuente: Elaboración propia.

Las 4 mediciones de altura tomadas en centímetros tienen una variación promedio de entre los 12 cm y 14 cm, así como también se obtiene una igual condición en el color de la llama desde la medición 1 hasta la 4 siendo esta de color azul (alto contenido de gas metano); determinando así una condición eficiente de aprovechamiento y producción dadas por la presión, oxigenación y la presencia de un alto contenido de metano generado dentro del recipiente (biodigestor).

#### 4.4. FASE IV: CUANTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Se presentan los resultados obtenidos de la cuantificación de producción de biogás, resultados tomados a partir del día número 45 de instalado el biodigestor.

- **pH**

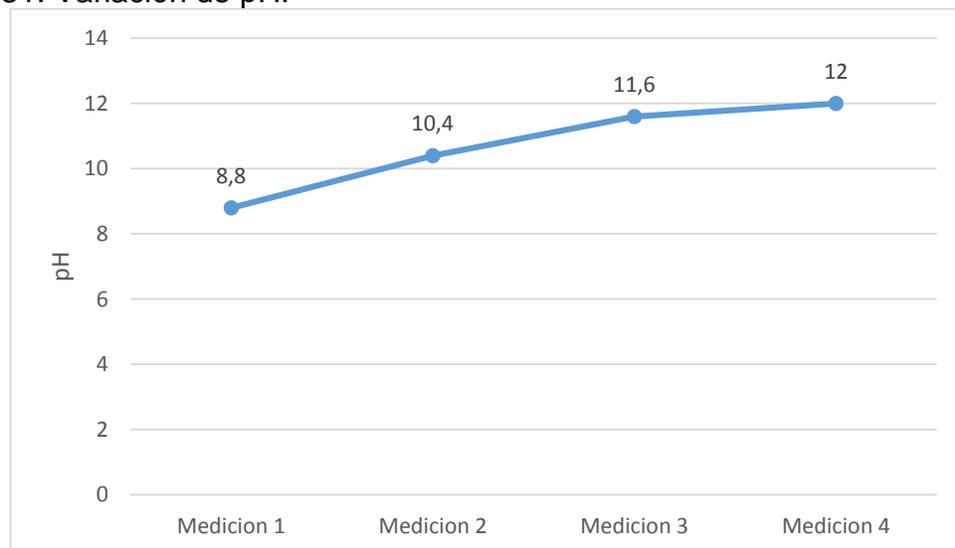
En la (Tabla 14) se presentan cuatro mediciones obtenidas de los registros de pH, tomadas durante 1 mes en las diferentes fechas descritas a continuación:

Tabla 14. Medición de pH.

FECHA	MEDICIONES	pH
14/09/2018	Medición 1	8,8
21/09/2018	Medición 2	10,4
28/09/2018	Medición 3	11,6
05/10/2018	Medición 4	12

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31. Variación de pH.



Fuente: Elaboración propia.

Los datos alcanzados durante la evaluación de los parámetros, nos muestra para la medición 1 un pH 8,8; teniendo en cuenta dicho resultado y haciendo relación con la teoría el sistema se encuentra en una etapa de metanogenesis (producción de metano). Dichas mediciones presentan una variación medición 2 – 10,4; medición 3 – 11,6; medición 4 – 12, siendo esta una condición alcalina (Figura 31) Según [12] el rango óptimo para la producción de biogás con residuos de fique debe estar entre 7,0 a 12. Por lo que se define que el proceso de fermentación transcurrió sin ningún problema obteniendo resultados satisfactorios en la producción de biogás.

- **Temperatura y presión**

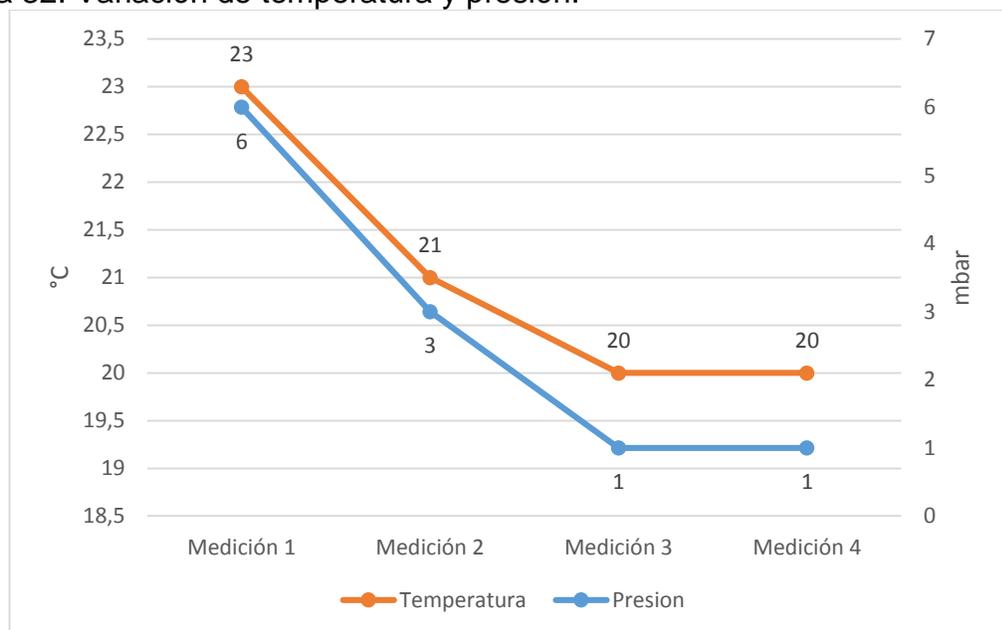
En la (Tabla 15) se presentan cuatro mediciones obtenidas de los registros de temperatura y presión, tomadas durante 1 mes en las diferentes fechas descritas a continuación:

Tabla 15. Registro de temperatura y producción de biogás presión.

FECHA	MEDICIONES	TEMPERATURA	PRESIÓN (mbar)
14/09/2018	Medición 1	23°C	6mbar
21/09/2018	Medición 2	21°C	3mbar
28/09/2018	Medición 3	20°C	1mbar
05/10/2018	Medición 4	20°C	1mbar

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Variación de temperatura y presión.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la medición de temperatura presentan una variación entre 23°C a 20°C; (Figura 34). Lo que se define como una condición mesofílica óptima para el crecimiento de los microorganismos precisa para un mejor proceso de digestión, coincidiendo con las temperaturas de mejor producción reportadas en la literatura, dadas entre los 20°C a 35°C [22].

Según lo expuesto en la (Figura 32) se presenta una disminución de las temperaturas que varían de manera natural teniendo en cuenta que para los días que se realizó la toma de muestras el clima presentaba variaciones de días cálidos a días nublados lo que influye en los cambios de temperatura del biodigestor. Igualmente, se presenta el registro tomado de la producción de biogás (Figura 34) dichos datos presentan el mismo comportamiento de la temperatura tomados en el mismo periodo de tiempo con una variación entre 6 mbar a 1 mbar.

El comportamiento presentado por las variables temperatura y presión es acorde con la ley de Gay Lussac, la cual describe que el comportamiento de la presión es directamente proporcional con la temperatura, por medio de la (Ecuación 1) [30].

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad \text{Ecuación (1)}$$

La producción de biogás presenta una mayor producción a mayores temperaturas, a partir de la medición 2 se empieza a presentar una estabilidad del sistema esto a raíz de la suspensión de suministro de residuos que se realizó por 30 días y por los cambios de temperatura; lo cual se presenta teniendo en cuenta que la presión o producción de biogás es directamente proporcional a la temperatura es decir a mayor temperatura mayor presión y a menor temperatura menor presión.

Según [12] el uso de residuos de fique (bagazo) es un excelente sustrato para la producción de biogás, igualmente se dice que la producción es directamente proporcional a la temperatura por eso se presentan mejores resultados a temperaturas mayores de 25°C y pH igual a 7.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- Con el diagnóstico de la cadena productiva del fique se logra aportar a la construcción de la agenda ambiental del cultivo de fique en el departamento del Cauca, igualmente la identificación de aspectos ambientales, como el uso irracional del agua en el proceso de lavado de la fibra, la disposición final de residuos a cielo abierto y a cuerpos de agua superficial (ríos y/o quebradas), los motivos que se presentaron es la falta de apoyo institucional por entidades privadas y públicas, carencia de conocimiento, existencia de sistemas ecoeficientes de lavado y dificultad de cambiar costumbres de los productores.
- Se realizó una EIA que permitió identificar actividades o impactos moderados a severos, con valores de 4% a 50% respectivamente; los cuales presentaron mayor incidencia en los componentes agua, suelo, aire y social; sin embargo, se encontró que el 46% de los impactos son de carácter irrelevante lo que indica que no tienen mayor incidencia en los diferentes componentes ambiental, social y económico.
- Basado en los resultados obtenidos del diagnóstico del proceso de producción del fique, la evaluación de aspectos e impactos ambientales y en la revisión bibliográfica se estableció que la tecnología más adecuada es el biodigestor de flujo continuo que fue instalado en zona rural del municipio de Jambaló – Cauca, como método de disposición final de residuos provenientes de la actividad productiva del fique (Bagazo), con el fin de generar un aprovechamiento de los residuos para la producción de biogás.
- Se consiguió obtener una producción de biogás con residuos de fique (bagazo), donde se encontró una mayor producción en la primera semana de evaluación, esto con unas temperaturas optimas presentándose una condición mesofílica para el crecimiento de microorganismos y un pH alcalino que no presento mayor variación para la producción de biogás.
- Se puede concluir que la producción de biogás a partir de residuos de fique (bagazo) presenta buenos resultados como método de descontaminación, brindando a las comunidades una alternativa que ayudara a mejorar su calidad de vida en la región.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las comunidades productoras de fique del municipio de Jambaló – Cauca, implementar sistemas ecoeficientes de lavado con el fin de disminuir la cantidad de agua residual generada del proceso de producción del fique, por ello es necesario implementar charlas de sensibilización y conocimiento de los diferentes métodos y de esta manera hacer un uso racional del agua.
- Se sugiere a las entidades competentes que participan de los procesos productivos de la zona, acompañar a los productores durante el proceso de producción del fique que se lleva a cabo desde la siembra, corte, despinado, desfibrado y lavado con el fin de inculcar buenas prácticas agrícolas y así obtener productos de mejor calidad.
- Se requiere buscar apoyo y/o financiamiento para implementar los biodigestores en las diferentes zonas de la región de tal forma que se logre disminuir la carga directa de residuos o aguas residuales arrojadas a los nacimientos de agua, quebradas y ríos.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, "Guía Ambiental del Subsector Fiquero", Panamericana formas e impresas S.A, Bogotá D.C, 2006.
- [2] Tong Kurt, Yuping Wung, Dong Suocheng, "Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem", Utilities Policy, vol. 10, nº 7-11, p. 5, 10 12 2001.
- [3] Sara Ojeda Benitez, "Revista internacional de Contaminación Ambiental", 2012, Disponible:  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28s1/v28s1a1.pdf>.
- [4] Silvia María Puerta, Olivia Castrillón Quintana, "Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la Corporación Universitaria Lasallista", Revista Lasallista de Investigación, 2004. Disponible:<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511003>.
- [5] Julian Acosta, Andres Hurtado, Oscar Arango, David Alvarez, Claudia Salazar, "Efecto de abonos orgánicos a partir de subproductos del fique en la producción de maíz", Revista biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, vol. 11, nº 1, p. 9, 2013.
- [6] Publicación de la Sociedad de Agricultores - SAC, Revista Nacional de Agricultura SAC, vol. 964, Bogotá: Legis S.A, 2015, p. 57.
- [7] Alejandra Ramirez, Viviana Fernandez, Nazly E. Sanchez. Arnol Arias, "Lenteja de Agua (Lemna minor) para el tratamiento de las aguas residuales que provienen del lavado de la fibra del fique (Furcraea bedinghausi)", Revista Ingeniería y Competitividad Universidad del Valle, vol. 18, nº 2, p. 34, 2016.
- [8] A. Municipal, "Plan de Desarrollo Municipal", 2016. Disponible: <http://jambalocauca.gov.co/apc-aa-files/61363937643862356266656166343563/pdm2016jambal-cauca-ilovepdf-compressed.pdf>.
- [9] Nury Zaride H. Alfonso Avila, "Principales Normas Ambientales Colombianas", Dirección Gestión del Conocimiento, Bogotá, 2014.
- [10] Dirección General de Medio Ambiente Navarra España, "Modulo

Sensibilización Ambiental - La contaminación y el deterioro de los recursos naturales" ANALITER S.L, España, 2010.

- [11] Maximiliano Ortega, Installation of a Low Cost Polyethylene Biodigester, Belmopan, Belize, 2009, p. 27.
- [12] Pablo Barrera, Ximena Salas, Luis Castro, Carlos Ortiz, Humberto Escalante, "Estudio preliminar de la bioproducción de metano a partir de los residuos del proceso de beneficio del fique" Universidad Industrial de Santander (UIS), Piedecuesta, 2009.
- [13] Dayana Rivera Gonzalez, Lorena Plata Martinez, Liliana Castro Molano, Carolina Guzman Luna, Humberto Escalante Hernandez, "Aprovechamiento del subproducto sólido de la digestión anaerobia del bagazo de fique (*furcraea macropylla*) para el acondicionamiento de suelos" Universidad Industrial de Santander (UIS), Bucaramanga, 2012.
- [14] Humberto Escalante, Carolina Guzman, Liliana Castro, "Digestion anaerobia del bagazo del fique: Una alternativa energetica" DYNA, vol. 81, nº 183, 2014.
- [15] Alexander Hernando Abello Toro, "Evaluación del impacto ambiental en biodigestores anaeróbicos en el SENA, Regional Cesar," *RETO*, vol. V, pp. 39-49, 2017.
- [16] Jéssica Clarisse de Oliveira, "Utilização de um biodigestor para tratamento de esgoto e geração de energia: um estudo de caso na comunidade de Portelinha, Rj," Rio de Janeiro, 2018.
- [17] Maria Eugenia Morales Rubiano, Nancy Estella Pelaez Parada, "El estudio de la cadena productiva del fique" INNOVAR, revista de ciencias administrativas y sociales, vol. XX, nº 20, pp. 121-134, 2002.
- [18] Erika Lorena Serna Calle, Leydi Johanna Velasquez Jaramillo, "Estudio de factibilidad para la creación de una empresa productora y comercializadora de bolsos en fique maguey ubicada en el municipio de Caicedonia Valle" Universidad del Valle, Caicedonia, 2013.
- [19] Felipe Garcia Orrego, "Formulación, evaluación y apoyo en presupuestos y actividades relacionadas con plantaciones de fique para la compañía de Empaques S.A. (Medellin)" Corporación Universitaria Lasallista, Caldas, 2015.
- [20] Vicente Conesa Fernandez, "Guía metodológica para la evaluación de

impacto ambiental", Tercera ed., Madrid, España: MUNDI - PRENSA, 2000.

- [21] David Alexander Rodriguez Pachon, Andres Felipe Garcia Cepeda, "Diseño y construcción de un biodigestor para la producción de biogas a partir de heces caninas", Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota D.C, 2017.
- [22] Maria Teresa Moreno Venero, "Manual de Biogas" Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables, Santiago de Chile, 2011.
- [23] Yeison Olaya Arboleda, Luis Octavio Gonzales Salcedo, "Fundamentos para el diseño de un biodigestores", Universidad Nacional de Palmira, Palmira, 2009.
- [24] Jaime Marti Herrero, Biodigestores Familiares, Guia de Diseño y Manual de Instalación, La Paz - Bolivia: Creative Commons, 2014.
- [25] Margarita Peña Borrero, "Mas oportunidades educativas para la poblacion: acceso a la educacion en todos los niveles", Bogota, 2006.
- [26] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación "La cadena del valor del fique en Colombia", Bogota, 2015.
- [27] Yina Fernanda Jimenez Ceron, Rubiela Tulando Urrea, "Agenda ambiental del cultivo de fique en el departamento del Cauca - Colombia", Graficas del Cauca, El Tambo, 2018.
- [28] Omar Franco Torres, Martha García Herrán, Omar Vargas Martínez, "Estudio en Nacional del Agua", Bogota D.C, 2014.
- [29] Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, "La calidad del aire en Europa", Madrid, 2012.
- [30] Yunus A. Cengel; Michael A. Boles, "Thermodynamics", Octava ed., New York, McGraw Hill, 2015.

## ANEXOS

### Anexo 1. Formato encuesta productores.

 Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca	 CRC El Comité Regional de Cauca	<b>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017          ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA-          CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA.          PROYECTO "MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS          UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO          DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS          LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE          EL TAMBO-CAUCA"</b>	Página Página 1 de 2
---	---	---	-------------------------

#### ENCUESTA DE LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA

FECHA (DD/MM/AAAA): _____	MUNICIPIO: _____
LUGAR: _____	

#### I. INFORMACIÓN BÁSICA DEL PRODUCTOR

1. Nombre del productor: \_\_\_\_\_  
Fecha de nacimiento del productor (dd/mm/aaaa): \_\_\_\_\_
2. Nombre de la finca: \_\_\_\_\_ Propia: \_\_\_ Familiar: \_\_\_  
Arrendada: \_\_\_ Ocupada: \_\_\_
3. Ubicación: \_\_\_\_\_
4. Nivel de escolaridad del productor:  
Sin escolaridad \_\_\_ Básica Primaria \_\_\_ Básica Secundaria \_\_\_ Educación media \_\_\_
5. Número de integrantes de la familia \_\_\_ Cónyuge \_\_\_ No. Hijos \_\_\_ Madre \_\_\_  
Padre \_\_\_ Otros parientes \_\_\_ Cuántos: \_\_\_
6. ¿Tiene vivienda propia?: SI \_\_\_ NO \_\_\_
7. ¿Usted pertenece a algún grupo asociativo de fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
Cuál \_\_\_\_\_

#### II. INFORMACIÓN DE LA UNIDAD PRODUCTIVA FIQUERA

8. Número de Hectáreas de la finca \_\_\_\_\_ Número de Hectáreas en fique \_\_\_\_\_  
Variedad del fique \_\_\_\_\_ Otros cultivos \_\_\_\_\_
9. ¿Existe la posibilidad de sembrar en el futuro?, SI \_\_\_ NO \_\_\_ Cuántas Hectáreas \_\_\_\_\_
10. ¿Cuál es la edad del cultivo de fique? \_\_\_\_\_
11. ¿Cuál es la producción máxima en @ del cultivo? \_\_\_\_\_
12. Tipo de cultivo: Monocultivo \_\_\_ Asociado \_\_\_ Con \_\_\_\_\_  
12 Tipo de topografía del terreno: Plana \_\_\_ Ondulada \_\_\_ Quebrada \_\_\_ Escarpada \_\_\_
13. ¿El cultivo de fique es la base económica de su finca?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_
14. ¿Conoce los procesos de certificación del cultivo de fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿Cuáles? \_\_\_\_\_
15. ¿Su finca está certificada?: SI \_\_\_ NO \_\_\_ En qué \_\_\_\_\_
16. ¿Está certificado como productor?: SI \_\_\_ NO \_\_\_ En qué \_\_\_\_\_
17. ¿Usted está interesado en certificarse?: SI \_\_\_ NO \_\_\_
18. ¿Ha recibido capacitaciones entorno al manejo del fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_  
¿Qué institución orientaba la capacitación? \_\_\_\_\_
19. ¿Cuántos empleos genera el cultivo de fique en su finca?: \_\_\_\_\_

#### III. MANEJO DEL CULTIVO:

20. ¿Realiza semillero para la siembra del cultivo de fique ? : SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Actualmente tiene semillero?: SI \_\_\_ NO \_\_\_
21. ¿Qué tipo de fertilización utiliza?: Orgánica SI \_\_\_ NO \_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_  
Química: SI \_\_\_ NO \_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_
22. ¿Cuántas cosechas de fique realiza al año? \_\_\_\_\_
23. ¿Reconoce plagas y enfermedades del cultivo?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿Cuáles? \_\_\_\_\_
24. ¿Ha presentado inflorescencia del cultivo de fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿Cuántas matas?: \_\_\_\_\_

<p>Alcaldía Municipal El Tambo Cauca</p> 		<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO "MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA"</p>	<p>Página Página 2 de 2</p>
--	---	--	---------------------------------

25. ¿Qué equipos y herramientas usa en el proceso de desfibrado?:  
Elementos de Protección Individual: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
Cuáles \_\_\_\_\_  
¿Tiene máquina desfibradora?: SI \_\_\_ NO \_\_\_ Otro \_\_\_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_  
El Motor que usa para el desfibrado es a: Diésel \_\_\_ Gasolina \_\_\_ Gas \_\_\_  
¿Cómo apila la fibra obtenida?: Suelo \_\_\_ Sobre soporte \_\_\_ Otro \_\_\_\_\_ Cuál: \_\_\_\_\_
26. ¿Ha presentado algún tipo de accidente en el proceso de desfibrado?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
Cuál \_\_\_\_\_
27. ¿Realiza aprovechamiento de los subproductos?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
Cuáles: \_\_\_\_\_
28. ¿En dónde realiza el proceso de lavado?: Río \_\_\_ Quebrada \_\_\_ Pozo \_\_\_ Agua de  
acueducto \_\_\_ Tanque \_\_\_ Tipo de tanque: \_\_\_\_\_ ¿Cuántos litros de agua utiliza  
por ciclo? \_\_\_\_\_
29. ¿Fermenta la fibra?: SI \_\_\_ NO \_\_\_
30. ¿Utiliza químicos para facilitar el proceso de lavado de la fibra del fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
Cuál: \_\_\_\_\_
31. ¿Qué hace con el agua residual del lavado de la fibra?: Riega cultivos \_\_\_ Deja Evaporar \_\_\_  
Vierte al río o quebrada \_\_\_ Vierte al suelo \_\_\_ Lava animales \_\_\_ Otro \_\_\_  
Cuál \_\_\_\_\_
32. ¿Existen fuentes hídricas cercanas al cultivo de fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
Cuáles \_\_\_\_\_
33. ¿En dónde realiza el proceso de secado de la fibra?: Tendales de alambre \_\_\_ Piso \_\_\_  
Otro \_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_
34. ¿Realiza peinado de la fibra?: SI \_\_\_ NO \_\_\_
35. ¿Conoce los impactos ambientales del proceso productivo del fique?: Si \_\_\_ No \_\_\_  
Cuáles \_\_\_\_\_
36. ¿Cómo transporta la fibra de fique?: \_\_\_\_\_
37. En bultos de cuánto presenta la fibra de fique: 1 @ \_\_\_ 2 @ \_\_\_ 3@ \_\_\_ 4@ \_\_\_
38. ¿Realiza transformación de la fibra?: SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_
39. ¿En dónde realiza la comercialización?: Agencia de compra SI \_\_\_ NO \_\_\_  
Cuál \_\_\_\_\_, o a la asociación de fiqueros SI \_\_\_ NO \_\_\_,  
Cuál \_\_\_\_\_ Compradores independientes SI \_\_\_ NO \_\_\_
- IV. ARTICULACIÓN DE LA CADENA DEL FIQUE**
40. ¿Conoce la política de producción más limpia?: SI \_\_\_ NO \_\_\_
41. ¿Conoce sobre la cadena productiva del fique en el departamento?: SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Cómo  
participa? \_\_\_\_\_
42. ¿Ha participado en algún evento relacionado con el fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_
43. ¿Ha recibido apoyo institucional para su unidad productiva de fique?: SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿De quién? \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Formato encuesta asociaciones.

 <p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p>		<p><b>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO "MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA"</b></p>	<p>Página Página 1 de 2</p>
--	---	---	---------------------------------

### ENCUESTA DE LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA-ASOCIACIONES FIQUERAS

FECHA (DD/MM/AAAA): _____	MUNICIPIO: _____
LUGAR: _____	

#### I. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA ASOCIACIÓN

- Nombre de la asociación: \_\_\_\_\_
- NIT: \_\_\_\_\_
- Año de fundación \_\_\_\_\_
- Nombre del representante legal:  
C.C. \_\_\_\_\_  
Fecha de nacimiento del representante (dd/mm/aaaa): \_\_\_\_\_
- Nivel de escolaridad del representante legal:  
Sin escolaridad \_\_\_ Básica Primaria \_\_\_ Básica Secundaria \_\_\_ Educación media \_\_\_
- Ubicación: \_\_\_\_\_

#### II. INFORMACIÓN DE LA ASOCIACIÓN

- ¿Número de asociados? \_\_\_\_\_ N° de hombres \_\_\_\_\_  
N° mujeres \_\_\_\_\_
- Requisitos para pertenecer a la asociación \_\_\_\_\_
- ¿Con qué empresa realiza la comercialización? Empaques del Cauca \_\_\_ Empaques de Medellín \_\_\_ Otra \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Forma de pago de la comercializadora \_\_\_\_\_  
Forma de pago a los productores \_\_\_\_\_  
¿Por qué? \_\_\_\_\_
- ¿Cuál está organizada la asociación? \_\_\_\_\_  
¿Cómo se eligen los representantes? \_\_\_\_\_  
¿Por cuánto tiempo? \_\_\_\_\_ ¿Los representantes reciben remuneración? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿La asociación posee un patrimonio propio? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_  
¿Cómo se obtuvo este patrimonio? Aporte de socios \_\_\_ Proyectos \_\_\_ Apoyo institucional \_\_\_  
Otro \_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_
- ¿Qué tipo de actividades/beneficios ofrece la organización para los fiqueros? \_\_\_\_\_
- ¿Qué logros han alcanzado la asociación desde la fundación? \_\_\_\_\_
- ¿Cómo ha sido la recepción de los productores del municipio para pertenecer a la asociación? \_\_\_\_\_
- ¿Tienen centro de acopio? SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Dónde está ubicado? \_\_\_\_\_
- ¿Cómo recolectan la fibra? \_\_\_\_\_
- ¿Cuántas toneladas acopian anualmente? \_\_\_\_\_
- ¿Con qué organizaciones o instituciones ha realizado proyectos o trabajo en conjunto? \_\_\_\_\_
- ¿La asociación ha recibido apoyo institucional? SI \_\_\_ NO \_\_\_  
¿De quién? \_\_\_\_\_

<p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p> 		<p><b>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO "MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA"</b></p>	<p>Página Página 2 de 2</p>
--	---	---	---------------------------------

19. ¿Conoce la política de producción más limpia del sector productivo del fique? SI \_\_ NO \_\_
20. ¿La asociación ha realizado acciones ambientales para minimizar el impacto del manejo del cultivo? SI \_\_ NO \_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_
21. ¿Conoce de la cadena productiva del fique en el departamento del Cauca? SI \_\_ NO \_\_
22. ¿Cuáles son las principales dificultades afrontadas? \_\_\_\_\_
23. ¿Cuáles son los principales retos a corto, mediano y largo plazo? \_\_\_\_\_

Anexo 3. Formato encuestas empresas.

 <p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p>		<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO "MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA"</p>	<p>Página Página 1 de 2</p>
--	---	--	---------------------------------

**ENCUESTA DE LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA - EMPRESAS**

FECHA (DD/MM/AAAA): \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_  
LUGAR: \_\_\_\_\_

**I. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA EMPRESA**

1. Nombre de empresa \_\_\_\_\_
2. NIT: \_\_\_\_\_
3. Año de creación \_\_\_\_\_
4. Nombre del representante legal: \_\_\_\_\_  
C.C. \_\_\_\_\_
5. ¿Cuántos centros de acopio tiene en el Departamento del Cauca? \_\_\_\_\_ ¿Dónde están ubicados? \_\_\_\_\_

**II. OBTENCIÓN DE MATERIA PRIMA**

6. ¿Exigen parámetros de calidad de la fibra? SI \_\_ NO \_\_  
¿Cuáles? \_\_\_\_\_
7. ¿De qué forma obtiene la materia prima? Compra directa a  
productores \_\_  
Compra a intermediarios \_\_ Compra a asociaciones \_\_ Otra \_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_ ¿Cuál es el mayor proveedor?  
\_\_\_\_\_
8. ¿Cómo recolecta la fibra?  
\_\_\_\_\_
9. ¿Cuál es el municipio que suministra la mayor cantidad fibra?  
\_\_\_\_\_
10. ¿Cuántas toneladas compran mensualmente? \_\_\_\_\_  
¿Ha presentado déficit de materia prima? SI \_\_ NO \_\_ ¿Cuándo? \_\_\_\_\_
11. ¿En qué normas de calidad están certificados?  
\_\_\_\_\_
12. ¿Han realizado capacitaciones a los productores de fique? SI \_\_ NO \_\_  
Temática \_\_\_\_\_ ¿A quién? \_\_\_\_\_  
¿Cuándo? \_\_\_\_\_

**III. COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS**

13. ¿En \_\_\_\_\_ qué \_\_\_\_\_ transforman \_\_\_\_\_ la \_\_\_\_\_ fibra?  
\_\_\_\_\_ ¿Cuáles \_\_\_\_\_ son \_\_\_\_\_ sus \_\_\_\_\_ productos \_\_\_\_\_ más \_\_\_\_\_ comercializados?  
\_\_\_\_\_

<p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p> 		<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO “MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA”</p>	<p>Página Página 2 de 2</p>
--	---	--	---------------------------------

Qué cantidad \_\_\_\_\_ ¿Quiénes son sus clientes?  
\_\_\_\_\_ ¿Cuál es el principal?

14. ¿Realizan exportaciones? SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Qué productos?

¿Cantidad anual del producto exportado? \_\_\_\_\_  
¿A dónde? \_\_\_\_\_

15. ¿A dónde realiza exportaciones? \_\_\_\_\_

**IV. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL**

16. ¿En el proceso de transformación de la fibra se generan impactos negativos al ambiente?  
SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Cuáles? \_\_\_\_\_ Se realizan  
medidas de prevención y/o mitigación de los impactos? \_\_\_\_\_

17. ¿Qué subproductos se generan de la transformación de la fibra?  
\_\_\_\_\_

18. ¿Han participado en proyectos para fortalecimiento del sector fiquero en el Departamento  
del Cauca? SI \_\_\_ NO \_\_\_ ¿Con qué instituciones?

¿Cuándo? \_\_\_\_\_ ¿Cómo ha participado?  
\_\_\_\_\_ ¿Cuáles han sido los logros alcanzados?  
\_\_\_\_\_

19. ¿Cuáles son las dificultades que han presentado?

20. ¿Cuáles son las metas a corto, mediano y largo plazo?  
\_\_\_\_\_

## Anexo 4. Formato instituciones.

<p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p> 		<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO "MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA"</p>	<p>Página Página 1 de 2</p>
--	---	--	---------------------------------

### LÍNEA BASE PARA LA ELABORACION DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA - INSTITUCIONES

FECHA (DD/MM/AAAA): _____	MUNICIPIO: _____
LUGAR: _____	

#### I. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA INSTITUCION

1. Nombre de la institución: \_\_\_\_\_
2. Facultad o dependencia: \_\_\_\_\_
3. Área o grupo de investigación: \_\_\_\_\_
4. Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_  
Cargo: \_\_\_\_\_ Teléfono: \_\_\_\_\_  
Email: \_\_\_\_\_

#### II. ARTICULOS CON EL SECTOR FIQUERO DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA

1. Modalidad de los proyectos relacionados con el sector fiquero  
Practica: \_\_\_ Investigación: \_\_\_ Ciencia tecnología e innovación: \_\_\_ Otras: \_\_\_  
¿Cuál?: \_\_\_\_\_
2. Nivel académico de los participantes del proyecto:  
Pregrado: \_\_\_ Especialización: \_\_\_ Maestría: \_\_\_ Doctorado: \_\_\_ Pos-Doctorado: \_\_\_  
Entidad financiera: \_\_\_\_\_
3. ¿Las practicas e investigación han estado centradas a?  
Fabricación de nuevos productos: Si: \_\_\_ No: \_\_\_  
¿Cuáles?: \_\_\_\_\_  
Aprovechamiento de los jugos de fique: Si: \_\_\_ No: \_\_\_ Para: \_\_\_\_\_  
Enfermedades de la planta del fique: Si: \_\_\_ No: \_\_\_ Cuales: \_\_\_\_\_  
Manejo del cultivo: Si: \_\_\_ No: \_\_\_ ¿En qué?: \_\_\_\_\_  
Otros: \_\_\_ ¿Cuál?: \_\_\_\_\_  
Tiempo de ejecución: \_\_\_\_\_
4. Nombre del proyecto(s) de practica o investigación:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Resultados obtenidos: \_\_\_\_\_
5. ¿Cómo qué sector de la cadena productiva se ha articulado?  
Unidades productivas: \_\_\_ Artesanos: \_\_\_ Universidades: \_\_\_ Empresas comercializadoras: \_\_\_  
Entidades gubernamentales: \_\_\_ Otros: \_\_\_ ¿Cuáles?: \_\_\_\_\_  
¿Cuáles fueron las principales dificultades afrontadas?: \_\_\_\_\_
6. ¿Conoce la política de producción más limpia del sector productivo del fique?: Si: \_\_\_ No: \_\_\_
7. ¿Conoce la cadena productiva del fique en el Departamento del Cauca?: Si: \_\_\_ No: \_\_\_
8. ¿Cuáles son los principales retos a corto, mediano y largo plazo?:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Anexo 5. Formato lista de chequeo.

DESCRIPCIÓN DE LA FINCA				
Finca				
Datos geográficos	Altitud	Coordenadas		Observaciones
Categoría	Tema	Si	No	
Agua	¿Existen vertimientos?			
	¿Realizan captación de agua?			
	¿Usada para consumo y/o agricultura?			
	¿Olor?			
	¿Permiso concesión de aguas?			
	¿Riegos?			
	¿Pozo séptico?			
Suelo	¿Erosión?			
	¿Uso del suelo?			
	¿Vertimientos director al suelo?			
	¿Color?			
	¿Material inorgánico?			
	¿Residuos sólidos peligrosos?			
	¿Agroquímicos?			
	¿Tipo de cultivos?			
	¿Empleo de maquinaria?			
	¿Disminución de cobertura?			
	¿Quemas de cultivos?			
	¿Permiso de vertimientos?			
Aire	¿Agroquímicos?			
	¿Quema de cultivos?			
	¿Uso de madera?			
	¿Quema de basura?			
	¿Olor?			
Flora - Fauna	¿Tala de árboles?			
	¿Reforestación?			
	¿Permiso de aprovechamiento forestal?			
	¿Bosques cercanos?			
Antrópico	¿Impacto positivo?			
	¿Impacto negativo?			

Anexo 6. Entrevista realizada a la Asociación de Fiqueros del Territorio de Jambaló - AFITEJ.

<p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p> 		<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO "MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA"</p>	<p>Página Página 1 de 2</p>
--	---	--	---------------------------------

**ENCUESTA DE LEVANTAMIENTO DE LÍNEA BASE PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA-ASOCIACIONES FIQUERAS**

FECHA (DD/MM/AAAA): \_\_\_\_\_ MUNICIPIO: \_\_\_\_\_  
LUGAR: \_\_\_\_\_

**I. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA ASOCIACIÓN**

- Nombre de la asociación: Asociación de fiqueros del territorio de Jambaló - AFITEJ
- NIT: 901011017 - 0
- Año de fundación: 26 de Septiembre 2016
- Nombre del representante legal: Belisario Yatacua Cuetia  
C.C. 4.693.279 de Jambaló  
Fecha de nacimiento del representante (dd/mm/aaaa): 23 de octubre de 1963
- Nivel de escolaridad del representante legal:  
Sin escolaridad  Básica Primaria:  Básica Secundaria:  Educación media
- Ubicación: Vereda El Epiro Jambaló Cauca

**II. INFORMACIÓN DE LA ASOCIACIÓN**

- ¿Número de asociados? 389 N° de hombres: 293 N° de mujeres: 96
- Requisitos para pertenecer a la asociación: Conocer los estatutos de la asociación
- ¿Con qué empresa realiza la comercialización? Empaques del Cauca  Empaques de Medellín:  Otra  ¿Cuál? \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
Forma de pago de la comercializadora: En efectivo  
Forma de pago a los productores: En efectivo  
¿Por qué? \_\_\_\_\_
- ¿Cuál está organizada la asociación? \_\_\_\_\_  
¿Cómo se eligen los representantes? Votación  
¿Por cuánto tiempo? 2 años ¿Los representantes reciben remuneración? SI  NO  ¿La asociación posee un patrimonio propio? SI  NO   
¿Cuál? Centro de acopio, vehículo y finca  
¿Cómo se obtuvo este patrimonio? Aporte de socios  Proyectos  Apoyo institucional  Otro   
¿Cuál? \_\_\_\_\_
- ¿Qué tipo de actividades/beneficios ofrece la organización para los fiqueros? Capacitaciones a los nuevos productores de siembra hasta la cosecha
- ¿Qué logros han alcanzado la asociación desde la fundación? Centro de acopio, vehículo y la finca
- ¿Cómo ha sido la recepción de los productores del municipio para pertenecer a la asociación? Excelente
- ¿Tienen centro de acopio? SI  NO  ¿Dónde está ubicado? Vereda la Marqueza
- ¿Cómo recolectan la fibra? Bodegas los productores que las tienen
- ¿Cuántas toneladas acopian anualmente? 720 Ton/año
- ¿Con qué organizaciones o instituciones ha realizado proyectos o trabajo en conjunto? Fenalfique, Secretaria de agricultura
- ¿La asociación ha recibido apoyo institucional? SI  NO   
¿De quién? Cabildo, Alcaldía, Gobernación, Secretaria de agricultura, Empaques de Medellín
- ¿Conoce la política de producción más limpia del sector productivo del fique? SI  NO

<p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p> 		<p><b>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA- CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA. PROYECTO “MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA”</b></p>	<p>Página Página 2 de 2</p>
--	---	---	---------------------------------

20. ¿La asociación ha realizado acciones ambientales para minimizar el impacto del manejo del cultivo? SI  NO  ¿Cuál? \_\_\_\_\_
21. ¿Conoce de la cadena productiva del fique en el departamento del Cauca? SI  NO  \_\_\_\_\_
22. ¿Cuáles son las principales dificultades afrontadas? Falta de personal técnicos y profesionales a los 917 productores del municipio
23. ¿Cuáles son los principales retos a corto, mediano y largo plazo? Capacitar a las comunidades con el fin de mejorar la calidad de la fibra para poder exportar a otros países.

## Anexo 7. Entrevista realizada Empaques del Cauca S.A.

 <p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p>	 <p>CRC Corporación Autónoma Regional del Cauca</p>	<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA.</p> <p>PROYECTO “MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA”</p>
--	--	--

### LÍNEA BASE PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA- EMPRESAS COMERCIALIZADORAS.

FECHA (DD/MM/AAAA): 14 de febrero del 2018 MUNICIPIO: Popayán  
LUGAR: Empaques del Cauca

#### I. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA EMPRESA

1. Nombre de la empresa Empaques del Cauca
2. NIT: 891 500 059 - 2
3. Año de creación 1965
4. Nombre del representante legal: Marilyn Caravali  
C.C. \_\_\_\_\_
5. Numero de empleados de la empresa 275

#### II. COMERCIALIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

1. ¿Cuántos centros de acopio tiene en el Departamento del Cauca? 3 ¿Dónde están ubicados?  
Caldono, Totoro y Jámbalo
2. ¿Exigen parámetros de calidad de la fibra? SI X NO \_\_\_  
¿Cuáles? Tipo A, B y C
3. ¿De qué forma obtiene la materia prima? Compra directa a productores \_\_\_  
Compra a intermediarios X Compra a asociaciones X Otra \_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_ ¿Cuál es el mayor proveedor? Asociaciones de fiqueros
4. ¿Cómo recolecta la fibra? Intermediarios llegan a la empresa
5. ¿Cuál es el municipio que suministra la mayor cantidad fibra? Caldono, Totoro y Jámbalo
6. ¿Cuántas toneladas compran mensualmente? 320 – 500 ton/mes  
¿Ha presentado déficit de materia prima? SI X NO \_\_\_ ¿Cuándo? Julio, agosto y septiembre
7. ¿Han realizado capacitaciones a los productores de fique? SI X NO \_\_\_  
Temática Manejo del cultivo ¿A quién? Productores  
¿Cuándo? 2 o 3 veces al mes

#### III. COMERCIALIZACIÓN DE LOS PRODUCTOS

1. ¿En qué transforman la fibra? En costales  
¿Cuáles son sus productos más comercializados? Empaques  
¿Qué cantidad? 540000 empaques al mes  
¿Quiénes son sus clientes? Agricultores y extranjeros  
¿Cuál es el principal? Federación de cafeteros y productores de papa
2. ¿Realizan exportaciones? SI X NO \_\_\_ ¿Qué productos? Empaques - costales  
¿Cantidad anual del producto exportado? \_\_\_\_\_  
¿A dónde realiza exportaciones? México, Brasil y China

#### IV. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL

1. ¿En el proceso de transformación de la fibra se generan impactos negativos al ambiente?  
SI X NO \_\_\_ ¿Cuáles? En el teñido y lavado de la fibra  
¿Se realizan medidas de prevención y/o mitigación de los impactos? Uso de tintas vegetales y recirculación de agua
2. ¿Qué subproductos se generan de la transformación de la fibra? \_\_\_\_\_

Anexo 8. Entrevista realizada a la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca.

 <p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p>		<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA.</p> <p>PROYECTO “MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA”</p>
--	---	--

**LÍNEA BASE PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA- INSTITUCIONES**

FECHA (DD/MM/AAAA): 21 de febrero del 2018 MUNICIPIO: Popayán  
LUGAR: Universidad Autónoma del Cauca

**I. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA INSTITUCIÓN**

- Nombre de la institución: Universidad Autónoma del Cauca
- Facultad o Dependencia: Ciencias ambientales y desarrollo sostenible
- Área o grupo de investigación: GITA
- Nombre del encuestado: Arnol Arias Hoyos  
Cargo: Docente investigador Teléfono: 3138831022  
E-mail: arnol.arias.h@uniautonom.edu.co

**II. ARTÍCULOS CON EL SECTOR FIQUERO DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

- Modalidad de los proyectos relacionados con el sector fiquero:  
Practica: \_\_\_ Investigación: X Ciencia, tecnología e innovación: \_\_\_ Otras: \_\_\_  
¿Cuál? \_\_\_\_\_
- Nivel académico de los participantes del proyecto:  
Pregrado: \_\_\_ Especialización: \_\_\_ Maestría: X Doctorado: \_\_\_ Pos-Doctorado: \_\_\_  
Entidad financiera: \_\_\_\_\_
- ¿las practicas e investigación ha estado orientadas a?:  
Fabricación de nuevos productos: SI: X NO: \_\_\_  
¿Cuáles?: Producción de aglomerados  
Aprovechamiento de los jugos del fique: SI: \_\_\_ NO: X Para: \_\_\_\_\_  
Aprovechamiento del bagazo: SI: X NO: \_\_\_ Para: Fabricar aglomerados  
Enfermedades de la planta del fique: SI: \_\_\_ NO: X ¿Cuáles?: \_\_\_\_\_  
Manejo del cultivo: SI: \_\_\_ NO: X ¿En qué?: \_\_\_\_\_  
Otros: X ¿Cuál?: Tratamiento del agua residual del fique  
Tiempo de ejecución: un año cada uno
- Nombre del proyecto(s) de practica o investigación: Obtención de aglomerados a partir del bagazo del fique. / Uso de lentejas de agua para tratar el agua residual del fique.  
Resultados obtenidos: Ensayo preliminar se obtuvo resultados positivos
- ¿Cómo qué sector de la cadena productiva del fique se ha articulado?:  
Unidades productivas: X Artesanos: \_\_\_ Universidades: \_\_\_ Empresas comercializadoras: \_\_\_  
Entidades gubernamentales: \_\_\_ Otros: \_\_\_ ¿Cuáles?: \_\_\_\_\_  
¿Cuáles fueron las principales dificultades afrontadas?: Discontinuidad en la cosecha
- ¿Conoce la política de producción más limpia del sector productivo del fique?: SI: \_\_\_ NO: X
- ¿Conoce de la cadena productiva del fique en el Departamento del Cauca?: SI: X NO: \_\_\_
- ¿Cuáles son los principales retos a corto, mediano y largo plazo?: Mediano plazo: patentar el proceso de producción de aglomerados

Anexo 9. Entrevista realizada a la Corporación Universitaria de Comfacaucá.

 <p>Alcaldía Municipal El Tambo-Cauca</p>		<p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 000347 del 14-08-2017 ENTRE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA-CRC- Y EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA.  <b>PROYECTO “MINIMIZAR EL IMPACTO AMBIENTAL, EN LAS UNIDADES AGRÍCOLAS FAMILIARES DEL SECTOR PRODUCTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA Y APOYAR LAS LÍNEAS DE GANADERÍA Y PORCICULTURA EN EL MUNICIPIO DE EL TAMBO-CAUCA”</b></p>
<p><b>LÍNEA BASE PARA LA ELABORACIÓN DE LA AGENDA AMBIENTAL EN EL CULTIVO DE FIQUE EN EL DEPARTAMENTO DEL CAUCA- INSTITUCIONES</b></p>		
<p>FECHA (DD/MM/AAAA): <u>19 de marzo del 2018</u> MUNICIPIO: <u>Popayán</u></p>		
<p>LUGAR: <u>Uniconfacaucá</u></p>		

**I. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA INSTITUCIÓN**

1. Nombre de la institución: Uniconfacaucá
2. Facultad o Dependencia: Ingeniería
3. Área o grupo de investigación: Semillero Agrociencias del Cauca
4. Nombre del encuestado: Eicy Campo  
 Cargo: Estudiante investigador Teléfono: 3146369564  
 E-mail: \_\_\_\_\_

**II. ARTÍCULOS CON EL SECTOR FIQUERO DEL DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

1. Modalidad de los proyectos relacionados con el sector fiquero:  
 Practica: \_\_\_ Investigación: X Ciencia, tecnología e innovación: \_\_\_ Otras: \_\_\_  
 ¿Cuál? \_\_\_\_\_
2. Nivel académico de los participantes del proyecto:  
 Pregrado: X Especialización: \_\_\_ Maestría: \_\_\_ Doctorado: \_\_\_ Pos-Doctorado: \_\_\_  
 Entidad financiera: \_\_\_\_\_
3. ¿Las prácticas e investigación ha estado orientadas a?:  
 Fabricación de nuevos productos: SI: \_\_\_ NO: X  
 ¿Cuáles?: \_\_\_\_\_  
 Aprovechamiento de los jugos del fique: SI: \_\_\_ NO: X Para: \_\_\_\_\_  
 Aprovechamiento del bagazo: SI: \_\_\_ NO: X Para: \_\_\_\_\_  
 Enfermedades de la planta del fique: SI: \_\_\_ NO: X ¿Cuáles?: \_\_\_\_\_  
 Manejo del cultivo: SI: X NO: \_\_\_ ¿En qué?: Siembra y control de enfermedades  
 Otros: \_\_\_ ¿Cuál?: \_\_\_\_\_  
 Tiempo de ejecución: Un año
4. Nombre del proyecto(s) de práctica o investigación: Manejo y control de enfermedades en el cultivo de fique  
 Resultados obtenidos: Manejo preventivo en el cultivo
5. ¿Cómo qué sector de la cadena productiva del fique se ha articulado?:  
 Unidades productivas: X Artesanos: \_\_\_ Universidades: \_\_\_ Empresas comercializadoras: X  
 Entidades gubernamentales: \_\_\_ Otros: \_\_\_ ¿Cuáles?: \_\_\_\_\_  
 ¿Cuáles fueron las principales dificultades afrontadas?: Falta de asistencia técnica y poco conocimiento por parte de los agricultores en el tema
6. ¿Conoce la política de producción más limpia del sector productivo del fique?: SI: \_\_\_ NO: X
7. ¿Conoce de la cadena productiva del fique en el Departamento del Cauca?: SI: X NO: \_\_\_
8. ¿Cuáles son los principales retos a corto, mediano y largo plazo?: Dar mayor utilidad a la cabuya como material biodegradable

Anexo 10. Matriz de valoración de impactos.

ETAPA	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	COMPONENTE AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO	N	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	II	C	
ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO	1. PREPARACIÓN DEL TERRENO	SUELO	Alteración estructura del suelo	-	4	1	1	1	2	1	1	4	2	4	30	Moderado	
			Alteración características fisicoquímicas	-	1	1	1	2	2	1	4	4	2	4	25	Moderado	
		AIRE	Emisiones por quemas	-	2	2	4	1	1	1	1	4	2	1	25	Moderado	
		FLORA	Eliminación cobertura vegetal	-	2	2	2	1	1	2	1	1	1	4	23	Irrelevante	
		FAUNA	Alteración del hábitat	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	16	Irrelevante	
	2. SIEMBRA	SUELO	Aumento de procesos erosivos	-	1	1	1	1	2	1	1	1	1	4	17	Irrelevante	
CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA SEMILLA	3. RIEGO Y DRENAJE	AGUA	Afectación de corrientes superficiales	-	2	2	2	1	1	1	4	4	4	1	28	Moderado	
	4. FERTILIZACIÓN Y SANIDAD VEGETAL	SUELO	Alteración de características fisicoquímicas	-	1	2	1	2	2	1	4	4	1	4	26	Moderado	
		AGUA	Afectación de corrientes superficiales	-	2	2	2	1	1	2	4	4	4	1	29	Moderado	
			Afectación de corrientes subterráneas	-	2	2	2	1	1	2	4	4	4	1	29	Moderado	
		FLORA	Estructura vegetal	-	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	20	Irrelevante	
		FAUNA	Alteración del hábitat	-	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	15	Irrelevante	
		AIRE	Emisiones dispersas por agroquímicos	-	1	1	1	1	2	1	4	1	1	2	18	Irrelevante	
		Emisiones por quema residuos peligrosos	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	14	Irrelevante		
	SOCIAL	Salud y seguridad	-	2	1	4	1	1	1	1	4	1	2	23	Irrelevante		
COSECHA Y POSTCOSECHA	5. COSECHA Y POSTCOSECHA	AGUA	Afectación de corrientes superficiales	-	4	4	4	2	2	2	4	4	4	2	44	Severo	
		SUELO	Alteración de características fisicoquímicas	-	2	2	2	2	2	1	4	1	1	4	27	Moderado	
		AIRE	Generación de olores	-	2	2	2	1	1	1	1	1	2	1	20	Irrelevante	
		SOCIAL	Empleo	-	4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	23	Irrelevante
			Calidad de vida	-	4	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1	28	Moderado
		Redes de transporte (movimiento)	-	2	2	1	1	1	1	1	1	4	4	1	24	Irrelevante	
	6. RENOVACIÓN DEL CULTIVO	SUELO	Alteración características fisicoquímicas	-	2	2	2	2	2	2	1	4	4	1	4	30	Moderado
	AIRE	Emisiones	-	2	2	2	1	1	1	1	1	4	1	1	22	Irrelevante	