

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL BENEFICIO  
DEL FIQUE**

**ELIZABETH DELGADO MUÑOZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2018**

**APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL BENEFICIO  
DEL FIQUE**

**ELIZABETH DELGADO MUÑOZ**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
Ingeniero Agroindustrial**

**Director:**

**I.Q. Ph D. ANDRES MAURICIO HURTADO BENAVIDES**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
SAN JUAN DE PASTO**

**2018**

### **Nota de Responsabilidad**

“Las ideas y conclusiones aportadas en el presente trabajo de grado son de responsabilidad exclusiva de los autores”.

Artículo 1° del acuerdo No. 324 del 11 de octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

**M.Sc. JULIAN ACOSTA**

Jurado

---

**M.Sc. FRANCISCO ARGOTE**

Jurado

---

**I.Q. Ph D. ANDRES MAURICIO HURTADO BENAVIDES**

Director

Pasto, mayo de 2018

## **Resumen**

El objetivo del presente trabajo consistió en realizar un estudio del estado de arte sobre el aprovechamiento de los residuos agroindustriales del beneficio del fique (Monografía), para ello, en el desarrollo de esta temática de trabajo, se indagó sobre el potencial de los residuos agroindustriales producidos en el beneficio del fique, que adecuadamente explotados, podrían ser convertidos en componentes de interés y uso en la industria, permitiendo dar alternativas a la posibilidad de dinamizar la cadena del fique y a sus diferentes actores.

### **Abstract**

The objective of the present work was to carry out a study of the state of the art on the use of agroindustrial waste for the benefit of the fique (monograph), for which, in the development of this work theme, the potential of agroindustrial waste was investigated produced in the benefit of the fique, which properly exploited, could be converted into components of interest and use in the industry, allowing alternatives to the possibility of energizing the chain of the fique and its different actors

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	16
1. Objetivos .....	19
1.1 Objetivo general .....	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
2. Desarrollo de la Temática .....	20
3. Situación actual de la cadena productiva del Fique .....	29
3.1 El fique en Colombia.....	29
3.1.1 Contexto nacional del fique.....	34
3.1.2 Marco legal.....	35
3.1.2.1 Gestión ambiental .....	36
3.1.2.2 Consolidación de Cadena Nacional del fique .....	38
3.1.3 Sector productivo del fique en Colombia.....	41
3.1.4 Productividad a nivel departamental .....	49
3.1.4.1 Concentración de área y localización .....	49
3.1.4.2 Área, producción y rendimiento departamental.....	53
3.1.5 Destino de la producción .....	53
3.1.6 Exportaciones de fique .....	54
3.1.7 Importaciones de fique .....	56
3.1.8 Balanza comercial del fique .....	57
3.1.9 Aporte socioeconómico de la cadena del fique .....	58
3.1.10 Precios Nacionales.....	61

3.1.10.1 Consumo .....	67
3.1.10.2 Costos de producción.....	68
3.1.11 Actores de la cadena.....	70
3.1.12 Acompañamiento en el direccionamiento del pequeño productor .....	75
4. Las Fibras Naturales y el Fique .....	78
4.1 Agronegocio del fique y de las fibras naturales afines.....	78
4.2 Producción a nivel mundial.....	79
4.3 Fibras naturales afines del fique.....	80
5. Beneficio de fique e identificación de sus residuos .....	88
5.1 Generalidades del cultivo de fique .....	88
5.1.1 Caracterización de la planta de fique.....	88
5.1.1.1 Características morfológicas.....	89
5.1.1.2 Variedades o Ecotipos de Fique.....	89
5.1.1.3 Propagación del Fique.....	93
5.1.1.4 Condiciones ideales de siembra. ....	94
5.2 Proceso de obtención de la fibra de fique .....	94
5.2.1 Actividades preliminares .....	96
5.2.2 Proceso de beneficio de fibra de fique.....	98
5.2.2.1 Transporte sector de producción figuero hasta centro de acopio.....	104
5.2.3 Residuos agroindustriales del beneficio del fique .....	107
5.2.3.1 Cuantificación de residuos agroindustriales del beneficio del fique .....	108
5.2.4 Caracterización fisicoquímica y composicional de los residuos del fique. ....	110
5.2.4.1 Fibra de fique .....	117



5.2.4.2 Residuos agroindustriales: Bagazo y estopa .....	118
5.2.4.3 Residuos agroindustriales: Jugo.....	120
6. Métodos y técnicas de aprovechamiento del fique y sus residuos.....	123
6.1 Aprovechamiento de la planta.....	126
6.1.1 Artesanías .....	126
6.1.1.1 Suelos.....	129
6.1.1.2 Biorefuerzos.....	130
6.1.1.3 Paneles de absorción acústica .....	132
6.1.2 Aprovechamiento de residuos agroindustriales .....	133
6.1.2.1 Aprovechamiento de carbohidratos .....	134
6.1.3 Aprovechamiento de lignina.....	135
6.1.3.1 Biocultivos .....	137
6.1.4 Obtención de Compuestos químicos .....	138
6.1.4.1 Hecogenina y Tigogenina .....	138
6.1.4.2 Estudios de actividad biológica de las saponinas y sapogeninas presentes en el jugo de fique .....	139
7. Experiencias de éxito o casos reales de aprovechamiento de residuos a nivel comercial .....	141
7.1 Bioinsumos.....	142
7.1.1 Experiencias de éxito con el jugo.....	145
7.1.2 Abono .....	146
8. Conclusiones .....	147
9. Recomendaciones .....	150
Bibliografía .....	151

**Lista de Cuadros**

	<b>Pág.</b>
Cuadro 1 Recopilación de artículos de la planta de fique.....	21
Cuadro 2 Área, Producción y Rendimiento del fique en Colombia. ....	52
Cuadro 3 Área producción y rendimiento departamental. ....	52
Cuadro 4 Exportaciones de fique.....	55
Cuadro 5 Importaciones de Fibra de fique.....	57
Cuadro 6 Balanza comercial fibra del fique .....	57
Cuadro 7 Precios nacionales de fibra de fique calidad fina. ....	62
Cuadro 8 Características técnicas de la fibra de fique .....	63
Cuadro 9 Pago a proveedores de fibra por características técnicas. ....	65
Cuadro 10 Bonificaciones por calidad y subsidio de transporte.....	66
Cuadro 11 Precios de tipos de fibra y algunos empaques.....	66
Cuadro 12 Departamentos con déficit de fibra .....	68
Cuadro 13 Costos de producción de principales departamentos productores de fique.....	69
Cuadro 14 Volumen de producción estimada de fique.....	70
Cuadro 15 Costos de producción .....	73
Cuadro 16 Participación del fique a nivel mundial.....	79
Cuadro 17 Clasificación de las fibras textiles según su procedencia.....	80
Cuadro 18 Principales fibras naturales de consumo y producción mundial. ....	81
Cuadro 19 Participación mundial de fibras naturales .....	87
Cuadro 20 Clasificación taxonómica del fique. ....	89

Cuadro 21 Estructura física de la hoja del fique .....	112
Cuadro 22 Composición química de la hoja de fique .....	114
Cuadro 23 Propiedades químicas del fique.....	115
Cuadro 24 Resultado de análisis fisicoquímico al extracto de fique .....	116
Cuadro 25 Características y clasificación de fibras procesables. ....	118
Cuadro 26 Caracterización fisicoquímica del bagazo de fique.....	119
Cuadro 27 Caracterización fisicoquímica del jugo de fique .....	122
Cuadro 28 Productos artesanales de fibra de fique.....	128
Cuadro 29 Contenido de componentes de fibra de fique sin tratamiento .....	131
Cuadro 30 Comparativo concentración letal media entre plaguicidas y el jugo del fique. ....	143

**Lista de Gráficos**

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1 Producción departamental destacada de fique .....	32
Gráfico 2 Producción nacional de fique.....	32
Gráfico 3 Área cosechada y producción nacional.....	43
Gráfico 4 Rendimiento de fique en Colombia .....	45
Gráfico 5 Porcentaje de participación del fique área por Departamento. ....	50
Gráfico 6 Porcentaje de participación producción de fique por Departamento.....	50
Gráfico 7 Destino de producción de fique por departamentos. ....	61

**Lista de Figuras**

**Pág.**

Figura 1 Usos potenciales aplicados de la fibra, jugo y bagazo de fique. .... 124

## Lista de Diagramas

	<b>Pág.</b>
Diagrama 1 Sistema productivo del fique en Colombia .....	48
Diagrama 2 Proceso de beneficio de fibra de fique .....	95
Diagrama 3 Beneficio de fique y sus residuos .....	107

## Lista de Ilustraciones

	<b>Pág.</b>
Ilustración 1 Tunosa común ( <i>Furcraea gigantea</i> ).....	91
Ilustración 2 Uña de águila ( <i>Furcraea macrophylla</i> ).....	92
Ilustración 3 Corte de penca de la planta de fique .....	96
Ilustración 4 Destune de la penca de la planta de fique .....	97
Ilustración 5 Despalmado de la penca de la planta de fique .....	97
Ilustración 6 Selección y clasificación de pencas de fique .....	98
Ilustración 7 Desfibrado de la penca de fique.....	100
Ilustración 8 Fermentación o lavado de fibras de fique .....	101
Ilustración 9 Escurrido de la fibra de fique.....	102
Ilustración 10 Secado de fibra de fique.....	103
Ilustración 11 Formación de atados y bultos con fibra de fique .....	104

## **Introducción**

El departamento de Nariño es uno de los mayores productores de fique, siendo esta una cadena productiva de interés para el mercado verde, es importante dar a conocer un estudio de sus posibilidades de aprovechamiento, por su notable valor en su composición, no solo en la fibra, sino también en las posibilidades de creación de productos con los residuos obtenidos en el procesamiento; siendo insumos prometedores para mitigar el impacto ambiental, por su carácter biodegradable y así mismo generar la apertura de un mercado en auge, que además permitiría impulsar un avance en el sector fiquero y contrarrestar el déficit actual.

El objetivo del presente trabajo consistió en realizar un estudio del estado de arte sobre el aprovechamiento de los residuos agroindustriales del beneficio del fique (Monografía), para ello, en el desarrollo de esta temática de trabajo, se indagó sobre el potencial de los residuos agroindustriales producidos en el beneficio del fique, que adecuadamente explotados, podrían ser convertidos en componentes de interés y uso en la industria, permitiendo dar alternativas a la posibilidad de dinamizar la cadena del fique y a sus diferentes actores.

Se realizó una revisión de estado del arte y se recopiló información referente a los diferentes avances investigativos publicados a nivel regional, nacional y mundial utilizando artículos científicos, memorias de congreso, publicaciones de revista, e información estadística de bases de datos y demás medios de búsqueda de información, que permitieron conocer la información necesaria sobre el aprovechamiento y los usos potenciales de los subproductos agroindustriales resultado del beneficio del fique.

El interés en esta temática de aprovechamiento de residuos agroindustriales del fique, abarca la posibilidad de dar viabilidad a la idea de la investigación y la aplicación de dichos residuos en la industria, con el fin de disminuir el impacto ambiental que estos generan en el medio



ambiente; y con miras de hacer un aporte a la comercialización de productos verdes, se presenta la estructura de desarrollo del presente trabajo, que da a conocer el contexto y aprovechamiento de la planta de fique:

Para la realización del estudio sobre el aprovechamiento de los residuos agroindustriales del beneficio del fique, se presenta una propuesta de monografía, donde se despliegan los objetivos específicos para llegar a la consumación del objetivo macro de estudio a través de la recopilación de información bibliográfica.

En consecuencia a ello, se presenta el resultado de la temática por objetivos, realizando primeramente una recopilación de información, a través de una malla de análisis bibliográfico con la finalidad de conocer los aportes sobre estudios que se han realizado anteriormente sobre el fique y el beneficio de sus residuos; con lo anterior se prosigue a sintetizar la información para iniciar el proceso de construcción del estado de arte de la propuesta monográfica, cuya estructura de relaciona de la siguiente forma:

- Situación actual de la cadena productiva del fique: a través del uso de la revisión de información se da a conocer las fibras vegetales afines al fique, el uso de la fibra de fique a nivel mundial, así mismo su competitividad, productividad y la problemática que rodea la cadena.
- Beneficio de fique e identificación de sus residuos: Da a conocer información de datos generales para el conocimiento de la producción de la planta de fique a través del cultivo, siembra, propagación, tipos, clasificación morfológica y taxonómica del fique; seguidamente de la secuencia de actividades necesarias para la obtención de la fibra y la identificación de los residuos del procesamiento en las diferentes etapas con su cuantificación y aprovechamiento.

- Métodos y técnicas de aprovechamiento del fique y sus residuos: recopila información referente a estudios de diferentes autores sobre el aprovechamiento integral de la planta de fique, en el uso de fibra y aprovechamiento de los residuos producto de la obtención de la fibra.
- Experiencias de éxito o casos reales del aprovechamiento de residuos del fique a nivel comercial: se presenta una compilación de experiencias de éxito o casos reales del aprovechamiento de residuos del fique a nivel comercial.

Finalmente, se plantea esta estructura como material de investigación del aprovechamiento de nuevas materias primas de interés, con el fin de contextualizar la temática del aprovechamiento de la planta de fique.

## **1. Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Elaborar un estudio sobre el aprovechamiento de los residuos agroindustriales del beneficio del fique (Monografía).

### **1.2 Objetivos específicos**

- Indagar en diferentes fuentes de información estudios realizados sobre el fique.
- Presentar un contexto local, nacional y mundial del uso de fibras naturales y el fique.
- Identificar los residuos del beneficio de fique y su composición.
- Determinar los métodos y técnicas de aprovechamiento del fique y sus residuos.
- Conocer las experiencias de éxito y casos reales de aprovechamiento a nivel comercial.

## 2. Desarrollo de la Temática

Para el desarrollo de la presente propuesta de monografía, inicialmente se indagó en diferentes fuentes de información aspectos ambientales, económicos, sociales y de investigación de la planta de fique, con esta revisión bibliográfica se recopiló la información requerida, que seguidamente fue separada para delimitar las temáticas de estudio y así lograr formar una estructura de los temas de interés que den respuesta al aprovechamiento de los residuos agroindustriales del fique.

Para cumplir con el objetivo de esta propuesta, se realizó una revisión del estado de arte de los diversos aspectos que contemplan el beneficio de residuos agroindustriales del fique, utilizando artículos científicos, memorias de congreso, publicaciones de revista, e información estadística de bases de datos y demás medios de búsqueda de información, como, por ejemplo:

- Scopus
- Science Direct
- Scielo
- Cgiar
- Agronet
- Faostat
- Redalyc
- Siembra
- Ministerio de agricultura
- Corpoica
- EBSCO
- Base de patentes: Espacenet, USPTO

- Multi Legis

Esto con la finalidad de enriquecer las concepciones teóricas sobre el aprovechamiento del beneficio del fique, y dar respuesta a la estructura de contenido de la monografía, para ello se tuvo en cuenta los artículos referentes a la temática, los cuales fueron recopilados en la siguiente Cuadro de análisis bibliográfico de la siguiente manera:

### Cuadro 1

*Recopilación de artículos de la planta de fique.*

AÑO	ARTICULO	INFORMACION	REFERENCIA
2008	<b>Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticas</b> M.D. Salvador, V. Amigó, A. Nuez, O. Sahuquillo, R. Llorens, F. Martí.	- Refuerzo con fibras naturales	(Salvador et al., 2008)
2008	<b>Evaluación de inductores metálicos y co-sustratos para la remoción de negro reactivo 5 empleando <i>Pleurotus ostreatus</i> inmovilizado en fique</b> Nataly Moreno Sandoval. Ximena Alexandra Ospina Velandia.	- Generalidades fique - Composición - Fique en medio de cultivo	(Moreno & Ospina, 2008)
2008	<b>Evaluación de los efluentes provenientes de la agroindustria del fique en el municipio de Totoró - Cauca.</b> Cristian F. Dagua Mosquera, Dani L. Dagua Mosquera, Sandra Morales Velasco.	- Evaluación de efluentes	(Dagua, Dagua, & Morales, 2008)
2008	<b>Estudio de factibilidad para la comercialización de accesorios elaborados con fique, a través de la empresa Artefique en la ciudad de Pereira</b> Darling Johanna Herrera J.	- Estudiar la viabilidad para realizar la conformación de la empresa ArteFique - Información de generalidades del cultivo de fique y efectos al medio	(Herrera & Morales, 2008)

	Lina María Morales Castro	ambiente	
2009	<b>Fractografía de la fibra natural extraída del fique y de un material compuesto reforzado con tejido de fibra de fique y matriz resina poliéster</b> María F. Contreras, Wilson A. Hormaza, A. Marañón	- Análisis fractográfico de Biorefuerzos de fique con resina de poliéster como matriz	(Contreras, Hormaza, & Marañón, 2009)
2009	<b>Usos de los subproductos provenientes de la agroindustria del fique (<i>Furcraea Cabuya</i>) en el municipio de Totoró - Cauca-Colombia.</b> Morales Velasco Sandra, Dagua Mosquera Dani Leonel, Dagua Mosquera Cristian Farid	- Cuantificación de residuos y alternativas de producción	(Morales, Dagua, & Dagua, 2009)
2009	<b>Evaluación del jugo de fique como aditivo ocluser de aire y su influencia en la durabilidad y resistencia del concreto.</b> Leyla Yamile Jaramillo Zapata	- Caracterización del jugo - Incorporación de aditivos para materiales de construcción	(Zapata, 2009)
2009	<b>Evaluación de métodos de extracción de saponinas de los residuos del fique</b> Johnny Leonardo Pérez Ochoa Lili Andrea Quitian Méndez	- Caracterización de residuos - Extracción de saponinas	(Perez & Quitian, 2009)
2009	<b>Producción de biogás a partir del bagazo generado durante el beneficio de fique.</b> L. Castro, H. Escalante, M. Quintero, C. Ortiz & C. Guzmán	- Producción de biogás con bagazo - Caracterización bagazo	(H. Escalante, Castro, Quintero, Ortiz, & Guzman, 2009)
2009	<b>Uso del licor de plantas agaváceas como aditivo en morteros y hormigones</b> Juan Carlos Ochoa Botero	- Generalidades del fique: planta, problemática	(Ochoa, 2009)
2010	<b>Extracción y caracterización mecánica de las fibras de bambú</b>	- Biorefuerzos con compuestos	(Estrada, 2010)

	<p><b>(guadua angustifolia) para su uso potencial como refuerzo de materiales compuestos.</b></p> <p>Martin Estrada Mejía</p>		
2010	<p><b>Caracterización morfológica de harina de siete variedades de yuca y polvillo de fique por microscopia óptica de alta resolución –moar-</b></p> <p>Diana Paola Navia, Héctor Samuel Villada, Gerardo Andrés Torres</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Características morfológicas algunas fibras naturales</li> </ul>	(Navia, Villada, & Torres, 2010)
2010	<p><b>Caracterización de la cadena de valor para la extracción de hecogenina a partir de jugo de fique en el departamento de Boyacá</b></p> <p>Lina Marcela Granados Castellanos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hecogenina y sustancias químicas del jugo de fique</li> </ul>	(Granados, 2010)
2010	<p><b>Aislamiento de nanofibras de celulosa a partir de residuos agroindustriales de fique y caña de azúcar, con potencial aplicación en reforzamiento de polímeros termoplásticos</b></p> <p>Héctor Mauricio Espitia Sibaja</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Composición química de las fibras naturales, celulosa, hemicelulosa, lignina</li> <li>- Propiedades mecánicas</li> <li>- DIFICULTADES</li> </ul>	(Espitia, 2010)
2011	<p><b>Uso del extracto de fique (<i>Furcraea sp.</i>) Como coadyuvante de coagulación en tratamiento de efluentes de pastelería</b></p> <p>William Antonio Lozano Rivas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coadyuvante de coagulación de residuos</li> </ul>	(W. Lozano, 2011)
2011	<p><b>Alternativas para el control de la Erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización</b></p> <p>Claudia Díaz Mendoza</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medidas de control y mitigación de la erosión de los suelos</li> <li>- Mantos</li> </ul>	(Díaz, 2011)
2011	<p><b>Evaluación de un bioinsUMO a partir del jugo del fique (<i>Furcraea spp.</i>) Para el control de la roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) en el café variedad caturra.</b></p> <p>Carlos Hernán Pantoja Agreda</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluación como biocida</li> <li>- Detección de metabolitos secundarios</li> </ul>	(Hernán, Agreda, Felipe, Montezuma, & Centro, 2011)

	Juan Felipe Villota Montezuma		
2012	<p><b>Aprovechamiento del subproducto sólido de la digestión anaerobia del bagazo de fique (<i>Furcraea macrophylla</i>) para el acondicionamiento de suelos</b></p> <p>Rivera González, Dayana; Plata Martínez, Lorena; Castro Molano, Liliana; Guzmán Luna, Carolina; Escalante Hernández, Humberto</p>	- Biosólido para el tratamiento de suelos	(Rivera, Plata, Castro, Guzmán, & Escalante, 2012)
2012	<p><b>Utilización del subproducto de fique: Licor verde, como controlador de plagas en el cultivo de repollo (<i>Brassica oleracea</i>)</b></p> <p>Jhon Imbachí Hoyos, Sandra. Morales-Velasco, Noé Albán López.</p>	- Extracto de fique como controlador de plagas	(Imbachí, Morales, & Alban, 2012)
2012	<p><b>Uso del extracto de fique (<i>Furcraea sp.</i>) Como coadyuvante de coagulación en tratamiento de lixiviados</b></p> <p>William Antonio Lozano-Rivas</p>	- uso del extracto de las hojas de fique ( <i>Furcraea sp.</i> ) como coadyuvante de coagulación en el tratamiento fisicoquímico de lixiviados	(W. Lozano, 2012)
2012	<p><b>El fique: fibra natural que construye sociedad</b></p> <p>Bibiana Del Pilar Tinjacá Numpaque Vanessa Slone Dossman, Nathalia Arango Domínguez Lidiana Muñoz Restrepo Margarita María Buitrago Franco Edison Santofimio Martínez</p>	- Artesanías	(Tinjacá, Slone, & Arango, 2012)
2012	<p><b>Estudio fitoquímico del jugo de fique de las especies Negra común (<i>Furcraea gigantea</i>) y Uña de águila (<i>Furcraea macrophylla</i>) de los municipios de el Tambo y Guaitarilla (Nariño)</b></p> <p>Diana Jhazmina Bacca Erazo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saponinas</li> <li>- Información marco referencial</li> <li>- Información planta de fique</li> </ul>	(Bacca, 2012)



2012	<b>Caracterización físico-mecánica de un Almidón termoplástico (tps) de yuca y Análisis interfacial con fibras de fique</b> José Mina	- Biorefuerzo a matriz de almidón para brindar tensión superficial	(Mina, 2012)
2012	<b>Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro</b> Susana Saval	- Residuos agroindustriales	(Saval, 2012)
2012	<b>Métodos y técnicas para la restauración de bosques</b>	- Barreras vivas con la planta de fique	(Forestal, Biológicas, & Queiroz, 2012)
2013	<b>Efecto de abonos orgánicos a partir De subproductos del fique en la Producción de maíz</b> Julián Acosta, Andrés Hurtado, Oscar Arango, David Álvarez, Claudia Salazar.	- Abonos orgánicos con subproductos del beneficio	(Acosta, Hurtado, Arango, Alvarez, & Salazar, 2013b)
2013	<b>Evaluación del bioinsumo de fique (<i>Furcraea gigantea</i>) en el control del Tizón tardío de la papa</b> David Eduardo Álvarez, Andrés Mauricio Hurtado, Claudia Elizabeth Salazar, Oscar Arango, Julián Marcelo Acosta.	- Bioinsumo con el jugo de fique	(Alvarez, Hurtado, Salazar, Arango, & Acosta, 2013)
2013	<b>Evaluación de tratamientos térmicos Para inactivación de enzimas en jugo De fique (<i>Furcraea gigantea vent.</i>)</b> Laura Inés Latorre, Ana Lucia Pantoja, Diego Fernando Mejía España, Oswaldo Osorio, Andrés Mauricio Hurtado.	- Inactivación de enzimas en el jugo para mantener propiedades biocidas	(Latorre, Pantoja, Mejía, Osorio, & Hurtado, 2013)
2013	<b>Determinación de isothermas de Adsorción de agua en biocompuestos De harina termoplástica y fique</b> Diana Paola Navia, Alfredo Adolfo Ayala, Héctor Samuel Villada.	- Biorefuerzos	(Navia, Villada, & Ayala, 2013)

2014	<b>Estabilización del bagazo de fique: digestión anaerobia de una biomasa lignocelulósica en Colombia</b> Castro Liliana, Guzmán Carolina, Escalante Humberto	- Caracterización de bagazo y jugo	(L. Castro, Guzman, & Escalante, 2014)
2014	<b>Bacterias aisladas del jugo de fique con actividad antagónica sobre <i>Phytophthora infestans (mont.) de Bary.</i></b> Iván Darío Otero, Andrés Mauricio Hurtado, Oscar Arango, Pablo Fernández, Fernando Javier Martínez S, Zhaira Stephanie Parra.	- Control de enfermedad	(Otero, Hurtado, Arango, & Fernández, 2014)
2014	<b>Potencial energético de residuos agroindustriales del departamento del Cauca, a partir del poder calorífico inferior</b> Deyanira Muñoz, Milton Fernando Cuatin, Alvaro Javier Pantoja.	- Biomasa residual para generación de energía	(Muñoz, Pantoja, & Cuatin, 2014)
2014	<b>Interacción interfacial del compuesto ldpe/al reforzado con fibra de fique: influencia de la temperatura.</b> M. A. Hidalgo , M. F. Muñoz	- Biorefuerzo de matrices poliméricas	(Hidalgo, Muñoz, & Mina, 2014)
2014	<b>Ficha tecnica cultivo de fique</b> Cadefique 2014	- Generalidades - Condiciones de siembra - Costos - Producción - Empleos - Aprovechamiento de la hoja - Precios - Mercados - Coyuntura y oportunidades	(MADR & CADEFIQUE, 2014)
2014	<b>Aprovechamiento de residuos Agroindustriales como biocombustible y biorefinería</b> Deyanira Muñoz Muñoz, Álvaro Javier	- uso de biomasa lignocelulósica como para obtención de energía como biocombustible y	(Muñoz et al., 2014)

	Pantoja Matta, Milton Fernando Cuatin Guarín	biorefinería	
2014	<b>Aprovechamiento de biomasa lignocelulósica, algunas experiencias de investigación en Colombia</b> Yineth Piñeros Castro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de diversos residuos como biomasa lignocelulósica</li> <li>- Explicación de que es lignina, hemicelulosa, celulosa</li> </ul>	(Piñeros, 2014)
2014	<b>Fibras de fique una alternativa para el reforzamiento de plásticos. Influencia de la modificación superficial</b> Mario Fernando Muñoz Vélez, Miguel Ángel Hidalgo Salazar, José Herminsul Mina Hernández.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibras de fique para integrar a matriz polimérica</li> </ul>	(Hidalgo et al., 2014)
2014	<b>Potencialidades medicinales de los géneros furcraea y agave</b> Claudia Sofía Guevara Apréaz, Elkin Javier Vallejo Castillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generalidades y métodos y técnicas</li> </ul>	(Guevara & Vallejo, 2014)
2015	<b>Uso del extracto de fique (<i>furcraea sp.</i>) Como coadyuvante de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales y como disruptor del proceso de nitrificación para la recuperación de cuerpos de agua hipereutrofizados</b> William Antonio Lozano Rivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saponinas: para contrarrestar olores</li> <li>- Investigaciones con el jugo</li> </ul>	(W. Lozano, 2015)
2015	<b>Manual técnico textil, cuarta edición</b> Jhon Fabio Giraldo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibras vegetales naturales</li> </ul>	(Giraldo, 2015)
2015	<b>Efecto del pretratamiento químico y enzimático en la deslignificación de biomasa agroindustrial típica del Cauca</b> Álvaro Javier Pantoja Matta, Milton Fernando Cuatin Inguilán, Deyanira Muñoz Muñoz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pretratamientos químico (Lignina) y enzimático (celulosa) para deslignificación de biomasa lignocelulósica para la obtención de monosacáridos</li> </ul>	(Pantoja, Cuatin, & Muñoz, 2015)
2016	<b>Caracterización mecánica y morfológica de fibras de fique con</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicación acústica</li> </ul>	(Isaza, Restrepo, Betancourt,

	<b>potencial uso acústico</b> Marllory Isaza Ruiz, Adriana Restrepo-Osorio, Santiago Betancourt Parra, Catalina Álvarez López, Patricia Fernández-Morales		Alvarez, & Fernandez, 2016)
2017	<b>Viabilidad para producir y comercializar bolsas de fique para abastecer el mercado de los principales supermercados de cadena en Bogotá</b> Fanny Liliana López José Armando Olmedo Cristian Camilo Moreno Miguel Ángel Castillo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normativa de sustitución de bolsas plásticas</li> <li>- ORGANIGRAMA</li> </ul>	(Lopez, Moreno, Olmedo, Castillo, & Cabrera, 2017)
2017	<b>Informe de rendición de cuentas 2016 – 2017, el renacer del campo.</b> Ministerio de agricultura y desarrollo rural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Información de maquinaria</li> <li>- Exportación</li> </ul>	(MADR, 2017)
	<b>Norma técnica colombiana NTC 5637: etiquetas ambientales tipo i, sello ambiental colombiano, criterios ambientales para artesanías, manualidades, hilos, telas , y otros productos del diseño, elaborados en fibra de fique con tecnología artesanal</b> ICONTEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normativa</li> </ul>	
	<b>Norma tecnica colombiana ntc 992</b> <b>Textiles, fibras naturales, cabuya para hilados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normativa</li> </ul>	
	<b>Fibras vegetales colombianas como refuerzo en compuestos de matriz polimérica</b> José Luis Suarez Castañeda, José William Restrepo Montoya, Adriana Quinchía Figueroa, Fredy Andrés Mercado Navarro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Refuerzos de fibras vegetales</li> </ul>	

### **3. Situación actual de la cadena productiva del Fique**

#### **3.1 El fique en Colombia**

Colombia, es el primer productor de cabuya a nivel mundial, esta fibra proveniente de la planta de fique, es reconocida como la fibra natural nacional. Según MADR & CADEFIQUE (2014), el aprovechamiento del fique, se ha identificado en un entorno rural de bajos ingresos, donde económicamente existen en el país más 70 mil familias fiqueras con pequeños productores correspondientes a 0,5 - 5 ha de siembra y medianos productores con 5 - 10 ha de siembra, además de comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas que dependen de esta labor, ubicadas en zonas marginales que conforman el grupo social más depreciado de Colombia.

Según MADR & CADEFIQUE (2014), el cultivo de fique posee cerca de 24.711 ha de área sembrada, que son destinadas al fique, de las cuales representan 20 mil ha de producción, con un rendimiento promedio nacional de 1,5 ton/ha, con 17.950 empleos directos, especialmente proveniente del grupo familiar y 10.500 empleos indirectos.

Paradójicamente, el cultivo es uno de los mayores generadores de empleo en el país, pero los productores viven por debajo de la línea de pobreza debido a que el déficit de capacitación y desarrollo tecnológico de los productores, hace que tengan expectativas deficientes de adquisición a largo plazo, llegando a prevalecer costos relativamente elevados en el proceso de beneficio, así como los rendimientos de fique por área sembrada. (Martinez, 2000)

Castellanos, Torres, & Rojas (2009), mencionan la falta de aprovechamiento de los subproductos generados en el procesamiento de la fibra como lo son el bagazo y el jugo, los cuales poseen un gran potencial de industrialización; adicionalmente (Mojica & Paredes, 2003) afirman que los problemas ambientales originados en el lavado de la cabuya, ocasionan contaminación de las aguas por su falta de tratamiento, siendo el bagazo y el jugo del fique

residuos cuya composición tiene sustancias tóxicas como las saponinas, que al oxidarse desplazan el oxígeno disuelto en el agua, afectando la ictiofauna de las quebradas, además de otras sustancias tóxicas que afectan la disponibilidad del recurso hídrico, para el consumo humano y animal.

A nivel nacional Antioquia, Cauca, Nariño, Santander, indican una producción destacada de acuerdo a las cifras de productividad al pasar los años, identificando un alto impacto para su inversión y proyección a la cadena, siendo necesario integrar el sector educativo y de capacitación de entidades públicas y privadas, en las que se indague sobre la problemática de las diferentes regiones, y así mismo proponer estrategias que permitan mejorar el desempeño de la cadena (Agronet, 2018)

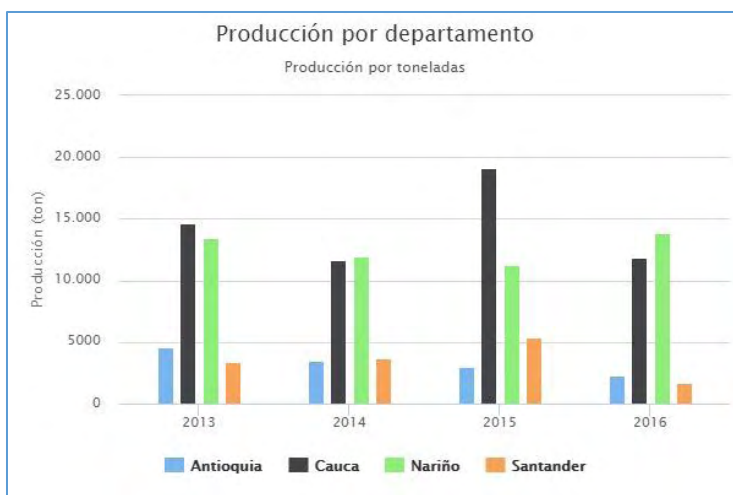
En este sentido Castellanos et al. (2009), mencionan la importancia de fortalecer la estructura de la cadena del fique, teniendo en cuenta los diferentes agentes del sector público, privada y academia que integran los eslabones de la cadena productiva del fique, así como la investigación de los componentes potenciales y reales de dicha planta, además de lograr desarrollar un planteamiento estratégico para el sector fiquero, iniciando con la formulación de la filosofía corporativa y el reconocimiento de los principales problemas políticos, económicos, sociales y tecnológicos que afectan el buen desempeño de la cadena, con el fin de realizar un análisis estructural que permita establecer las relaciones e influencias que se presentan en el sistema.

Para el aprovechamiento de la planta de fique, es importante la integración de los entes que intervienen en su aprovechamiento, teniendo en cuenta que no es únicamente la obtención de la fibra; sino desde la siembra de la planta de fique en los suelos donde se le atribuyen beneficios como características de firmeza y nutrición, involucrando a la comunidad para que sea

beneficiada con el producto y la mejoría de los suelos para sus cultivos, también cabe resaltar estos cuidados para las posibilidades de aprovechamiento final (D. Sánchez, 2015).

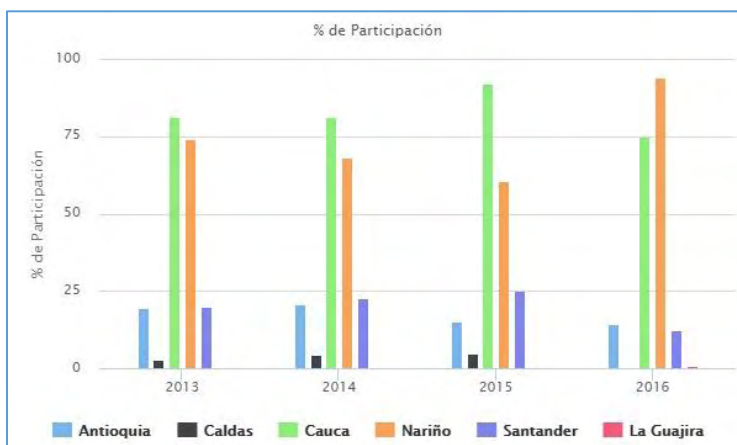
Siendo el fique una fibra biodegradable que al descomponerse se emplea como alimento, abono, protección y nutriente de cultivos, refuerzo de materiales para construcción, cuerdas para cercar sembrados, no contamina el agua y permite hacer producción limpia, sus ventajas son tanto ambientales como de economía, facilidad y calidad (Santander, 2014). Siendo estas algunas características para mencionar que tras una adecuada atención e investigación puede favorecer a la comunidad en tres factores importantes: ambiental, social y económico.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado en el gráfico 1, la producción nacional ubica a Nariño, con una participación en crecimiento en los últimos años hasta llegar a ser el mayor productor para el 2016, lo cual implica el interés de explotación de este cultivo en la región; en consecuencia se orienta hacia la extracción de componentes de interés dado su mínimo aprovechamiento y su alto porcentaje denominado residuo contaminante, y a partir del posicionamiento de la participación productiva en el departamento en el gráfico 2, se evidencia a Nariño como un proveedor considerable de fibra de fique, así mismo su investigación y tratamiento conllevaría a un alto impacto para la problemática ambiental que se enfrenta no solo en el país, sino también mundialmente, así mismo a un generador de empleos para la región en la cadena de fique.



**Gráfico 1** Producción departamental destacada de fique

**Fuente:** Agronet (2018).



**Gráfico 2** Producción nacional de fique..

**Fuente:** Agronet (2018).

La comercialización de la fibra de fique, en el mercado de fibras naturales, involucra la apertura de un mercado centrado en la necesidad del consumidor y el aporte al medio ambiente, entendiendo el constante cambio del medio ambiente que incide en el comportamiento de las organizaciones, determinando su efectividad para reaccionar de manera oportuna a los nuevos retos, por ello se opta por tomar una visión de mercado con enfoque sistémico que brinde a mediano plazo soluciones integrales a las dificultades que vienen afrontando los eslabones de la



cadena en cuanto a competitividad y sostenibilidad, esto en consideración a la actual demanda de fibras naturales y la comercialización de fibras que aporten positivamente al medio ambiente (Colombia & Agricultura, 2015)

Además de la necesidad de mejorar su capacidad administrativa y centralizar el conocimiento adquirido por los eslabones a través de una red de información, involucrar a sus agentes en un proceso que logre concientizarlos de la importancia de crear cultura competitiva y ser reconocida en el mercado nacional como una cadena productiva exitosa y competitiva con proyección internacional de la fibra nacional, para ello es vital que la producción del fique sea destacada dentro del programa de cadenas productivas y actúe como motor de desarrollo de los agentes que hacen parte de la cadena productiva del fique.

Se estima que de acuerdo a su aprovechamiento de fibra en un 4%, el país genera unos 248 mil millones de kilos y/o litros de subproductos provenientes de los jugos y bagazos que se producen cuando se desfibra, (Arley, 2017). Según (Montoya, Montoya, & Castellanos, 2009), manifiestan que para evitar que los residuos agroindustriales contaminen los suelos y fuentes hídricas, superficiales o subterráneas, se requiere un manejo eficiente de los mismos, en consecuencia dar solución a esta problemática, supera la buena voluntad de quienes están al frente de las tareas en el campo, y plantea una serie de retos tecnológicos, productivos y administrativos para que se cumpla con el depósito final adecuado de estos residuos.

Con el objetivo de industrializar estos residuos, la investigación de las propiedades que ofrecen en su reutilización es primordial, debido a la existencia de características apreciables en el mercado actual, en donde la hoja de fique es aprovechable en su totalidad, de acuerdo a las potencialidades, donde hasta el momento han sido viables por los mismos agricultores y su

conocimiento empírico en sus cultivos, también se considera que pueden elaborar desde desgrasantes hasta alimentos para rumiantes y productos farmacéuticos (Camargo et al., 2010)

(Rojas & Luque, 2012), mencionan la necesidad de reutilizar el jugo resultante del proceso, en la industria del jabón, en investigación conjunta entre la universidad nacional de Colombia, Corpoica y la alcaldía de El Tambo (Nariño); en la extracción se realizaron estudios y evaluación de subproductos del zumo como sulfato de sodio, que podría ser empleado en la industria de jabones de curtiembres y jabones biodegradables; además en estudios se ha encontrado la presencia de sapogeninas, compuestos de interés en laboratorios químicos, siendo estas entre otras más por mencionar una oportunidad de industrialización de los subproductos y un aporte para el medio ambiente en la eliminación de los residuos en las fuentes hídricas

Según lo anteriormente mencionado, la problemática del sector fiquero abarca diferentes aspectos a nivel social, económico y ambiental; en donde a través de un mayor aprovechamiento de los subproductos y no únicamente el 4% aproximadamente que representa la fibra, conllevaría a atenuar estas limitaciones y a partir de las diferentes investigaciones sobre todo a nivel nacional, obtener una mayor rentabilidad; dando alternativas a sus productores de mitigar el impacto ambiental causado por los residuos y dar valor agregado a unas materias primas consideradas residuos.

### **3.1.1 Contexto nacional del fique**

El sector agropecuario ha buscado transformación, para encaminarse a un cambio y progreso, para ello fue necesario dar vitalidad a las denominadas cadenas productivas que posee el país; y para lograrlo se ha dado un aval para que desde entidades gubernamentales se llegue a todos los lugares productivos rurales, donde la orientación adecuada pretende transformar las ideas del entorno rural a un desarrollo de mayor alcance (Rojas & Luque, 2012)

En su mayoría, la producción del figuero se realiza en minifundios y esto conlleva a la formación de asociaciones, evidenciando la necesidad de formación técnica y profesional a campesinos, que en su mayoría, poseen expectativas de adquisición diaria, y su estímulo de proveerse de nuevas opciones a largo plazo sea deficiente, lo cual trae a relucir costos relativamente elevados en los procesos de beneficio, así como los bajos rendimientos de fique por área sembrada; abarcando los problemas ambientales originados por el desaprovechamiento de los subproductos generados en el procesamiento de la fibra como lo son el bagazo y el jugo, los cuales poseen potencial de industrialización, además de una posibilidad de fomento a la transformación productiva en el proceso de concientización (Castellanos, Torres, & Rojas L., 2009).

### **3.1.2 Marco legal**

Siendo la planta de fique de interés, así mismo su extensa producción, abre la posibilidad de la conformación de la cadena productiva, para el fortalecimiento de las pequeñas y medianas empresas, y ser viable la apertura de tratados internacionales y la globalización. Orientándose a integrar las organizaciones del mismo sector, como herramienta clave para la protección, mejora en los procesos, competitividad y diversificación en los productos y subproductos del fique (Tinjacá et al., 2012)

La cadena productiva del fique y el manejo de la política agraria en el país ha estado orientado por una visión deficiente, la cual no ha permitido que se lleve a cabo una reforma eficaz que prepare al sector para competir frente a las nuevas tendencias, en consecuencia el subsector figuero ha sido uno de los más afectados por la improvisación en las políticas gubernamentales, afrontando una crisis tras otra debido a la falta de una producción y cultivo planificado, haciendo

necesarias diferentes acciones para ejecutarse, y hacer a la cadena del fique un medio de desarrollo sostenible para los actores implicados.

Para el productor ficuero, entre las necesidades más importantes, está la de trabajar por un comercio justo, diversificar y modernizar el sector, cambiar a producciones limpias e impulsar la investigación para desarrollar y comercializar los usos potenciales de los subproductos con la fibra, el bagazo y el jugo de fique.

### ***3.1.2.1 Gestión ambiental***

En el año 1974, se iniciaron los procesos de gestión ambiental a través de normativas como:

El Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente a cargo del INDERENA, seguidamente en 1978 se desarrolló el Código Sanitario Nacional, donde se tienen en cuenta los lineamientos de regulación de la calidad del agua, residuos sólidos y aire (Tinjacá et al., 2012)

En 1991 a través de la Constitución Política en síntesis el gobierno en más de 100 artículos, asume la importancia del desarrollo sostenible para la preservación y uso controlado de los recursos naturales, enfocándose en el compromiso con el ciudadano de brindar protección a los recursos naturales y culturales, donde se pueda gozar de la diversidad e integridad del ambiente, conservando las áreas de especial importancia ecológica y el fomento de la educación.

#### **a. Leyes**

Según (Tinjacá et al., 2012) para la orientación a la protección de los recursos naturales, se tiene en cuenta la aplicación de las siguientes leyes:

- Ley 99 de 1993, donde se crea el Sistema Nacional Ambiental -SINA- y el Ministerio de Medio Ambiente, con el fin de establecer las normas generales que rigen la política ambiental colombiana, orientada según los principios universales del desarrollo sostenible, promoviendo su

aplicación a través de delegar a los municipios como promotores del funcionamiento de programas y políticas nacionales, regionales y sectoriales respecto al medio ambiente y recursos naturales renovables; así como el control, preservación y defensa del patrimonio ecológico.

- Ley 23 de 1973. Involucra el componente ambiental en los programas de educación y crea el servicio nacional ambiental obligatorio.

- Ley 154 de 1976. Regula sobre la conservación del paisaje.

- Ley 165 de 1994. Sus objetivos son la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

- Ley 152 de 1994. Orgánica del Plan de Desarrollo, establece el principio de sustentabilidad ambiental como pilar del proceso de planeación territorial y ordena la inclusión de la dimensión ambiental en los planes de desarrollo municipal, al posibilitar el avance socioeconómico de las poblaciones, en armonía con el medio ambiente.

- Ley 373 de 1997. Establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

- Ley 607 de 2000. Asistencia técnica rural, contempla que el desarrollo del sector agropecuario se integrará a la oferta ambiental del municipio, garantizando la sostenibilidad y teniendo en cuenta la planificación, de acuerdo a las características agroecológicas de la municipalidad.

#### **b. Resoluciones**

- Resolución 1083 del 4/10/1996 (MinAmbiente). Por la cual se ordena el uso de fibras naturales en obras, proyectos o actividades, objeto de Licencia Ambiental. (Legislación específica de fique).

- Resolución 00336 del 30/08/2004 (MinAgricultura). Se adopta el Reglamento Técnico número 001 RTC-MADR de requisitos para el empaque de los productos agropecuarios que se importen, produzcan y se comercialicen en el territorio nacional. (Legislación específica de fique).

Dentro de las orientaciones del desarrollo nacional, se encuentra una línea de acción llamada ‘Impulso al Crecimiento Económico Sostenible y la Generación de Empleo’, por medio de diferentes programas que pretenden la conservación y uso sostenible de bienes y servicios ambientales; el fomento en biotecnologías; la gestión en materia de bioseguridad, generación de ingresos y empleo verde; sostenibilidad ambiental de la producción nacional, entre otros, con el fin de minimizar los efectos de contaminación que agreden la biodiversidad, el equilibrio natural y la permanencia del hombre en la tierra.

### ***3.1.2.2 Consolidación de Cadena Nacional del fique***

Con la ley 811 de 2003 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, define a las cadenas productivas como un conjunto de actividades que se articulan técnica y económicamente desde el inicio de la producción y elaboración de un producto agropecuario, hasta su comercialización final, estas pueden estar conformadas a nivel zonal, regional, nacional o internacional. Este tipo de enfoque permite tener una visión de todos los eslabones que participan con el producto o servicio, accediendo a una información más completa, referida a puntos críticos, análisis de problemas, caracterización de soluciones efectivas y de mayor impacto frente a las otras empresas, y por último un eje articulador que permite más estabilidad, preparación y planeación de proyectos.

La Cadena Nacional del Fique y su Agroindustria, se conforma en el año 2004 bajo la Ley 811 de 2003 y su Decreto Reglamentario 3800 de 2006, se consolida con la firma del acuerdo

nacional para el fomento de la producción y la competitividad del subsector figuero con el fin de desarrollar una serie de estrategias enfocadas al aumento de las siembras, mejoramiento de la productividad del cultivo de fique y la elaboración y posicionamiento de diversos productos certificados con destino al mercado nacional e internacional.

El 24 de abril de 2004, se consolidó la Cadena Productiva Nacional de Fique, con la participación de: productores, procesadores, industriales y artesanos, con el fin de desarrollar estrategias orientadas al cultivo y aprovechamiento integral de la planta de fique.

Para la modernización del cultivo de fique, se apoyó con entidades como: el Ministerio de Agricultura, CORPOICA, Secretarías de Agricultura de Antioquia, Cauca, Santander y Nariño, UMATAS, Gremios Fiqueros, Asistencia Técnica de la Compañía de Empaques; al igual que convenios de producción más limpia, promovidos por el Ministerio de Medio Ambiente, Ministerio de Agricultura, CORNARE, CORANTIOQUIA, CORPOURABÁ, Área Metropolitana Mi Río y ASDEFIQUE.

En consecuencia, se crean instrumentos de negociación como el Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR 2002 – 2012, con el propósito que cada departamento logre un desarrollo sostenible y benéfico para los actores implicados, bajo las políticas nacionales.

En el departamento de Risaralda la propuesta es convertirla en el corazón del territorio de oportunidades del Eje Cafetero, ecoregión que si aprovecha su ubicación y la relación con otras zonas del país, podría tener unos focos temáticos base para el cumplimiento de las siguientes metas:

- Desarrollo sostenible: desarrollo agrícola (producción limpia – agro ecología), desarrollo pecuario y forestal.

- Desarrollo infraestructura regional: ampliación física (energética, comercial, transporte, comunicaciones).
- Diversificación productiva de mercados: fundamentada en la crisis del café, orientada a una economía sólida y eficiente comercialización.
- Integración territorial: recursos y decisiones regionalmente concertados.
- Seguridad integral: corregir inequidades derivadas de procesos industriales para alcanzar convivencia pacífica.
- Fortalecimiento del tejido sociocultural: orientado a la socialización e interacción efectiva con la comunidad y al mejoramiento de la calidad de vida de sectores vulnerables.
- Valoración y fomento de bienes y servicios ambientales: basada en la valoración económica generada por los ecosistemas naturales.
- Investigación más desarrollo: fortalecimiento del conocimiento aplicable al desarrollo social, económico y ambiental de la población.

#### **a. Normas Técnicas Colombianas**

Es importante además conocer normas técnicas colombianas que rigen al fique en algún eslabón de su cadena productiva, como la NTC 5517 del 24 de octubre de 2007 nombrada “Etiquetas Ambientales Tipo1. Sello Ambiental Colombiano. Criterios Ambientales para Embalajes, Empaques, Cordeles, Hilos, Sogas y Telas de Fibra de Fique” y con el objetivo de “...promover la oferta y la demanda de productos y servicios que causen menor impacto ambiental, mediante la comunicación de información verificable y exacta, no engañosa, sobre aspectos ambientales de dichos productos y servicios, para estimular el mejoramiento ambiental continuo impulsado por el mercado...” cuyos beneficios permitirán una apertura a nuevos mercados y más oportunidades para ser competitivos sin afectar al medio ambiente.



La Cadena Nacional está integrada por las instituciones públicas y privadas, las cuales componen cada uno de los eslabones (primario, artesanal, industrial y de investigación y desarrollo tecnológico), en donde las empresas nacionales incluidas están: la Federación Fenalfique, Asprocofitambo, Asdefique, las empresas Ecofibras Ltda., Compañía de Empaques S.A.; Coohilados del Fonce Ltda., Empaques de Cauca S.A., Hilanderías Colombia Ltda., CORPOICA, Artesanías de Colombia, entre otros (MADR & CADEFIQUE, 2014) (MADR, 2017)

En este sentido, se presenta la actual estructura de la cadena del fique, teniendo en cuenta los diferentes agentes -sector público, privado y academia- en donde se da la participación de los diferentes actores y eslabones de la Cadena Productiva del Fique y su Agroindustria.

A partir del desarrollo de la estructura, se hace un planteamiento estratégico para el sector fiquero, iniciando con la formulación de la filosofía corporativa y el reconocimiento de los principales problemas políticos, económicos, sociales y tecnológicos que afectan el buen desempeño de la cadena, con el fin de realizar un análisis estructural que permita establecer las relaciones e influencias que se presentan en el sistema (Morales & Pelaez, 2002).

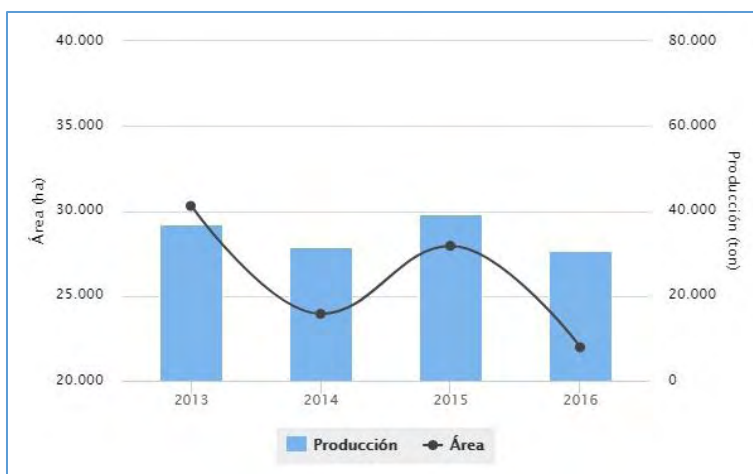
### **3.1.3 Sector productivo del fique en Colombia**

El sector fiquero manifiesta un declive en su área de producción, debido a la notable necesidad de suplir las necesidades de los productores dado a la falta de remuneración económica por el bajo aprovechamiento de sus cultivos, se evidencia una disminución de área debido al abandono de siembra del cultivo, así mismo al desplazamiento de los cultivadores a otros productos temporales o cultivos de oportunidad (MADR, 2017)

En el gráfico 3, se muestra que en el 2016 se evidencio un área aproximada de 23.000 Ha que en comparación a los años anteriores va en disminución debido a la falta de incentivos y

acompañamiento a la cadena productiva figuera, además de evidenciar una tendencia en su producción en los últimos años de entre 30.000 a 40.000 Ton, lo que hace de esta una cadena promisoría para su inversión, dada la demanda actual del mercado de fibras naturales y su impacto al medio ambiente.

El déficit de fibra nacional es de 10.000 toneladas por lo que se tiene como objetivo cerrar las brechas comerciales incrementando el área sembrada y la disponibilidad de materia prima (MADR, 2017); menciona que además se da un bajo relevo generacional dada la falta de posibilidades y en consecuencia se presenta desplazamiento de la mano de obra a cultivos del café, minería y cultivos ilícitos. A esto se adhiere la reducción de áreas sembradas generadas por la floración de planta prematura y con ello afectando el rendimiento de la producción nacional, siendo estas algunas de las razones para que el pequeño productor adquiera una carencia de ingresos y para establecer una producción de sus cultivos son requeridos endeudamiento externo, siendo necesario tras la problemática antes mencionada a nivel social y ambiental dar un ajuste del modelo de crédito, con un periodo de gracia a 4 años y costos de establecimiento del cultivo a \$7000000, siendo estas algunas razones a ser consideradas por las entidades bancarias y gubernamentales para la protección del productor (MADR & CADEFIQUE, 2014).



**Gráfico 3** Área cosechada y producción nacional

**Fuente:** Agronet (2018)

El fique ha sido propuesto como una posibilidad de exportación e impulso de la economía del país por la expansión de la agricultura colombiana, en donde se puede nombrar el aumento en las exportaciones de café, que han hecho que la demanda y producción de sacos de fibra aumentara considerablemente; la fabricación de empaques, cordeles, textiles, tapetes, artesanías y saponinas entre otros, se ha constituido en la gama de productos que hasta ahora se han elaborado. Las investigaciones que se han venido adelantando en cuanto al aprovechamiento integral de la planta concluyen que el panorama del fique es más amplio y promisorio, y es que el contar con tantas propiedades en una sola planta les permite definirlo y llamar la atención de diversos mercados y países del mundo entero (FAO, 2009)

Según (MADR, 2017), la explotación del fique, se ha visto caracterizada por la informalidad, donde el avance se ha visto en muchas ocasiones retrasado por diferentes inconvenientes como: el transporte desde veredas o regiones muy apartadas hacia el casco urbano o la vía principal y se hace necesario utilizar semovientes o vehículos tipo escalera, que tienen una ruta hacia la cabecera del Municipio, siendo necesario tener en cuenta la disponibilidad de acceso a estos; así mismo es de resaltar la notable falta de centros de acopio que permitirían mejorar la economía,

optimizar el bienestar y el ingreso al pequeño productor. De la misma manera la ausencia de maquinaria adecuada para el beneficio del fique o la falta de capital para su adquisición implica llegar a tramos distantes hasta el lugar de desfibrado, efectuando la venta de su producción al por mayor, generando así rentabilidad para su comercialización.

En consecuencia, la inversión empresarial considerada para este subsector denota una oportunidad de cambio y así mismo su diversificación de mercado, en donde tras el paso de los años se observó una disminución de producción y rendimiento de sus cultivos en tendencia al abandono, deterioro o desplazamiento de los productores fiqueros, en consecuencia a diferentes factores en donde son asociados principalmente aspectos económicos, sociales y ambientales.

En el gráfico 4, se evidencia en el 2016 un aumento en el rendimiento a causa de una atención de entidades de investigación e inclusión de técnicas para la demanda actual del mercado de fibras naturales, en donde el impacto al medio ambiente que año tras año ha sido causa de malestar para los productores hoy en día se denota como un tema de investigación e innovación en las tecnologías emergentes de aprovechamiento de subproductos de procesamiento. Hay más de 180 variedades de fique, unas más rentables que otras, cuya rentabilidad depende de los estados climáticos y del tipo de suelo donde vaya a sembrarse, sin embargo, los de las zonas cafeteras conservan una misma identidad, producción, cultivo y rendimiento, están sujetos al buen manejo que se dé a la extracción de la fibra, y en la forma de almacenar el bagazo y los sumos que resultan del final del proceso (Ortiz, 2016).



\* En Toneladas por hectárea.

**Gráfico 4** Rendimiento de fique en Colombia

**Fuente:** Agronet (2018)

Como se observa en el gráfico 4, para los productores desde años atrás se muestra un descenso a la producción, en donde de acuerdo al entorno social que atraviesan, se ha marcado la notable escasez de ingresos aceptables pues las cantidades que produce cada familia son insuficientes, además de poseer área insuficiente de terreno, generalmente tienen deficiente calidad, las tecnologías de producción del fique y, en especial, las de desfibrado, son muy remotas, en consecuencia hacen que su productividad sea muy baja.

Desde hace algunos años se ha venido investigando cómo mejorar dichas técnicas; la demanda por fique ha comenzado a subir, tanto por el aumento de la demanda de empaques de fibras naturales y la ampliación de sector de mercado en competencia al uso de plásticos como por el mercadeo a granel, usos alternativos para el fique (fabricación de papel, cordelería, etc.), y el auge de la ecología puede llevar a una sustitución creciente de los sacos de polipropileno por los de la fibra, la orientación de mercado se encamina a un posicionamiento de la fibra aunque aún no se prevé que estos hechos puedan frenar la caída de la demanda que está ocasionando el aumento del mercadeo a granel (Picon & Caceres, 2010)

Actualmente la oferta disponible de fique, se muestra claramente disminuida para abastecer las necesidades del mercado, en donde para dar respuesta a ello se están desarrollando e implementando diferentes propuestas y convenios con las asociaciones de los departamentos para que incentiven a los campesinos a continuar con el establecimiento del cultivo y garantizar que esta práctica se mantenga de generación en generación (Castellanos et al., 2009)

Esto ha motivado a que el interés de estudio y aprovechamiento del fique tenga un rol de apreciación en su cultivo, en donde a través de información consolidada y divulgada por diferentes fuentes del sector agropecuario, se identifica la posibilidad de ampliación no solo en las áreas de siembra sino en potencializar el aprovechamiento de la planta a través de los productores primarios y su enlace a entidades de aprendizaje para ser capacitados continuamente en temas socio empresariales, tecnologías de producción, manejo de subproductos y comercialización en doble vía, la cual consiste en realizar ventas directas del producto evitando los intermediarios, lo que se refleja en unos mejores precios al productor, que permite abastecerse de insumos agrícolas para la producción en los cultivos de los asociados (MADR, 2017)

De acuerdo a la problemática de años pasados en donde el fique siendo cultivado por indígenas y campesinos de regiones muy pobres, sufría una severa crisis y el desarrollo del mercadeo a granel, la creciente utilización de empaques de polipropileno y la competencia de fibras duras importadas, venían agudizando las dificultades de este cultivo, que ya viene siendo afectado por problemas tecnológicos, fitosanitarios y de pobreza de suelos y aguas en las zonas productoras (Ortiz, 2016)

Según (Congreso de la Republica de Colombia, 1993), la reciente tendencia a revitalizar su uso por razones ecológicas no había logrado contrarrestar la caída en su consumo, y para

impulsar su posicionamiento entre otras formas de lograr su sector de mercado, por parte del estado a través de la ley agraria 101 de 1993, en donde se consagró un mecanismo orientado a promoverlo; con el fin de mejorar los precios percibidos por los productores rurales se diseñaron y pusieron en marcha una serie de medidas, algunas de las cuales se enmarcaban en los tradicionales instrumentos de política, y otras constituían herramientas nuevas, diseñadas como parte de la nueva política sectorial. Se estableció en principio la compra por parte de las Instituciones del producto procesado, teniendo por sanción a quienes no empleen empaques elaborados con este producto en el porcentaje que determine el Ministerio de Agricultura, no podrán acceder a ciertos beneficios fiscales.

Para dicha finalidad se desarrolló el programa de modernización y diversificación de cultivos, en donde entidades como el ICA y CORPOICA, con tecnología y el desarrollo de variedades teniendo en cuenta las necesidades del productor y las problemáticas identificadas en los diferentes cultivos, teniendo como objetivo el mejoramiento de productividad y nivel de vida; frente a este apoyo al sector agrario fue necesario evidenciar con claridad la situación de los productores, dado que tras este acompañamiento desde las entidades, también se debía contemplar los factores externos como la escases de acceso a estas opciones, la baja calidad de su tierra y en consecuencia imposibilidad de germinación de las variedades mencionadas, el desabastecimiento de agua para aplacar el efecto de sequías (República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1991)

La producción nacional se concentra principalmente en la producción de fibra, ésta apenas constituye un valor aproximado a 5% máximo del peso total de la hoja. Sin embargo las acciones de la cadena nacional están dirigidas al aprovechamiento integral (100%) de los subproductos del proceso de beneficio de la hoja: la fibra, el jugo y el bagazo (Casillo, 2015)

Sistema productivo del fique en Colombia

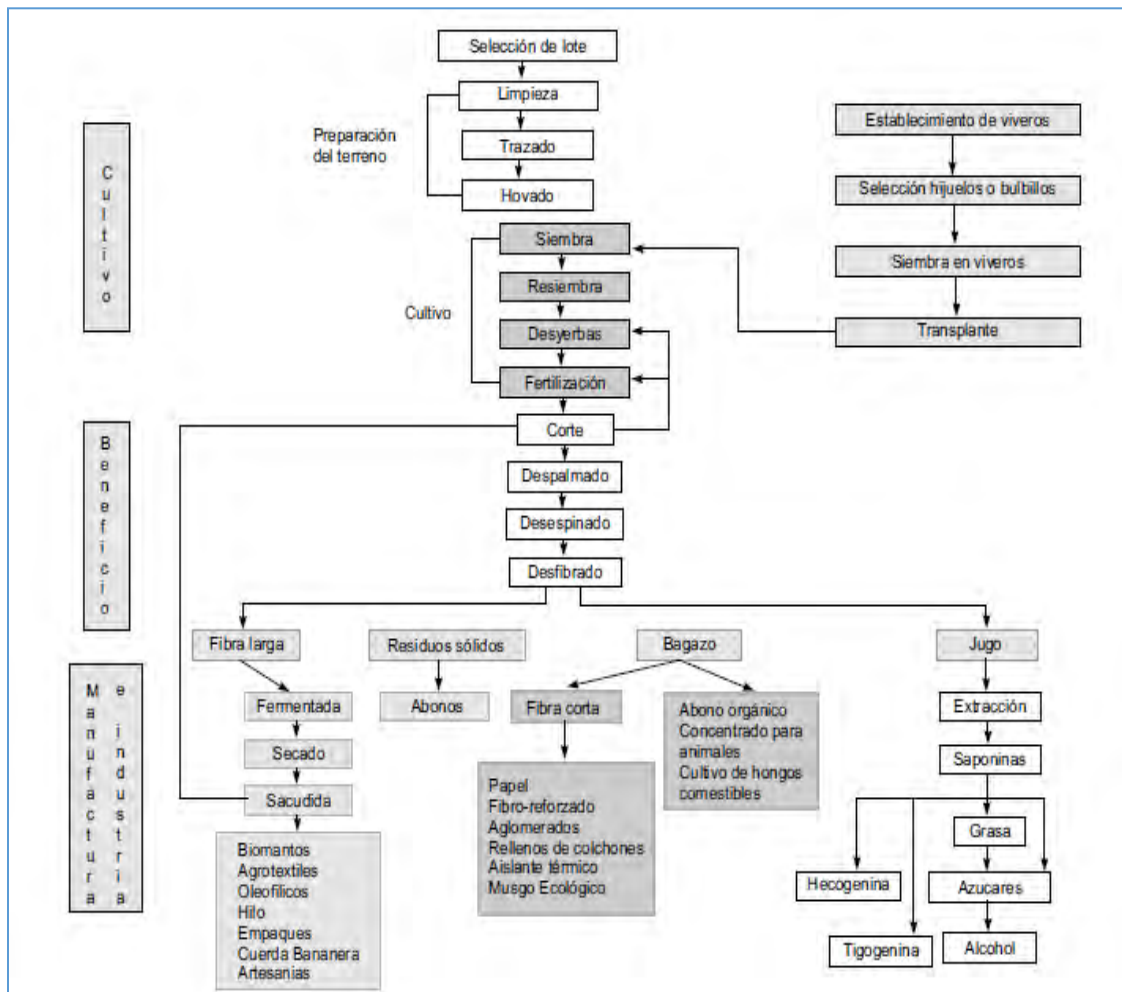


Diagrama 1 Sistema productivo del fique en Colombia

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2004.

En el diagrama 1, se puede observar el sistema productivo del fique, donde a través de la situación actual del aprovechamiento del fique, y la oportunidad de mercado encontrada en investigaciones, se orienta hacia la explotación de los productos de valor en la manufactura e industria, llevando a cabo la integración de investigaciones de los residuos agroindustriales del fique hacia el aprovechamiento industrial a través de la entrada de la ciencia, tecnología e innovación, siendo para ello necesaria el procesamiento tecnificado del cultivo y beneficio del



fique estructurando así la cadena hacia la explotación de productos de mayor impacto y mayor remuneración económica para el productor figuero.

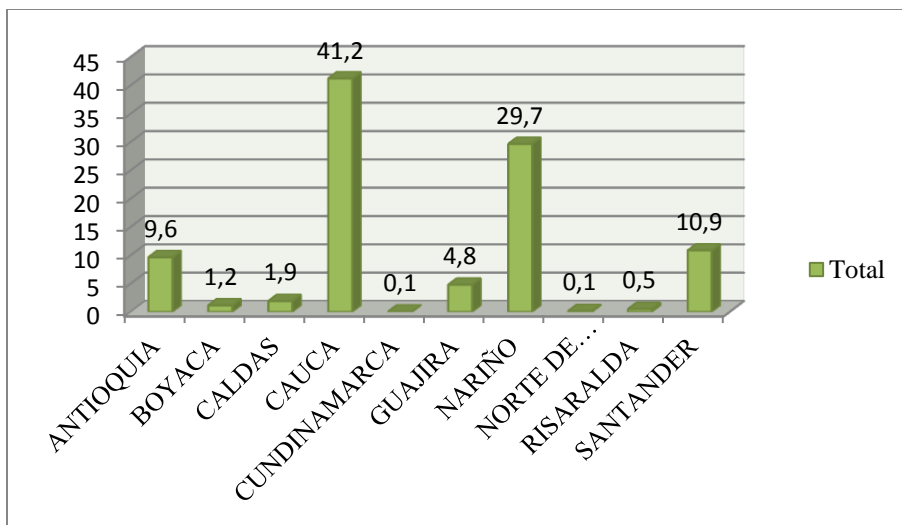
### **3.1.4 Productividad a nivel departamental**

#### ***3.1.4.1 Concentración de área y localización***

La producción de fique nacional, se ha ubicado principalmente en la región Andina, como la de mayor producción, a causa de poseer condiciones idóneas y asentamientos de los productores figueros en donde se cultiva fique en 10 departamentos de los cuales 72 municipios dependen de esta actividad económica, los seis principales departamentos productores de fique son Cauca, Nariño, Santander, Antioquia, Caldas y Guajira cubriendo cerca del 99% del área sembrada y la producción nacional. (MADR, 2016).

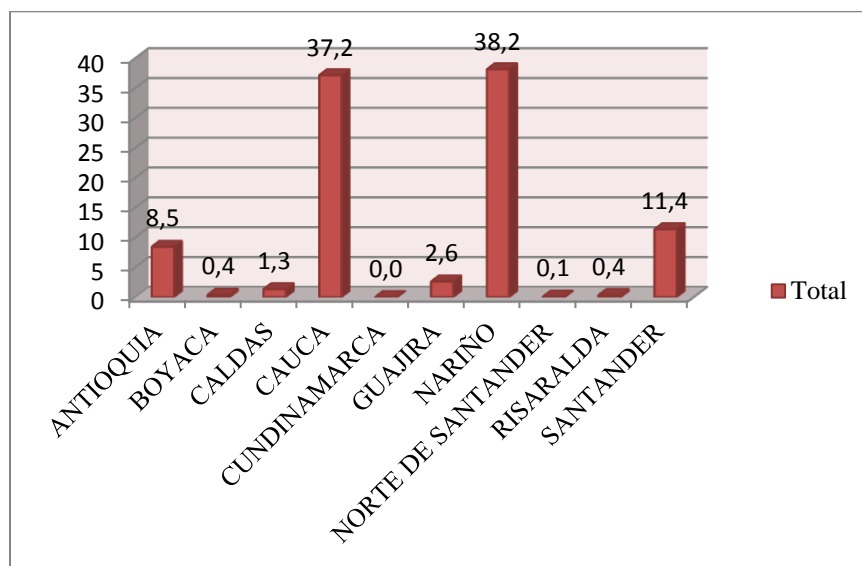
Colombia produce cerca de treinta mil toneladas de fique al año, principalmente en los departamentos de Cauca, Nariño, Santander y Antioquía; en estos sitios los agricultores y campesinos se han asociado en agremiaciones de figueros e hilanderas, entre otros (MADR, 2016)

De los principales departamentos productores, se evidencia en los gráficos 5 y 6, que casi en su totalidad la participación de los departamentos Nariño y Cauca son los de mayor impacto, y es donde las vistas de los entes gubernamentales han orientado sus esfuerzos debido a la necesidad de crecimiento a las cadenas promisorias, así como la posibilidad de progreso en la problemática de desempleo y posconflicto, en la actual demanda de fique en el país.



**Gráfico 5** Porcentaje de participación del fique área por Departamento.

**Fuente:** Cadefique, 2016.



**Gráfico 6** Porcentaje de participación producción de fique por Departamento.

**Fuente:** Cadefique, 2016.

Siendo la región andina la mayor productora de fique, es de considerar que las 24 mil hectáreas de sembrado de fique que se estima hay en el país generan unos 550 millones de kilos y/o litros de subproductos provenientes de los jugos y bagazos que se producen cuando se desfibra (Espitia, 2009), por eso y para evitar que estos residuos agroindustriales contaminen los suelos y fuentes hídricas, superficiales o subterráneas, se requiere un manejo eficiente de los

mismos, solucionar este problema supera la buena voluntad de quienes están al frente de las tareas en el campo, y plantea una serie de retos tecnológicos, productivos y administrativos para que se cumpla con el depósito final adecuado de estos residuos (Montoya, Montoya, & Castellanos, 2009)

Con el objetivo de llegar hasta la industrialización de estos residuos, se lleva a la investigación de las propiedades que ofrecen en su reutilización, se menciona que la hoja de fique es aprovechable en su totalidad, de acuerdo a las potencialidades donde hasta el momento, la aplicación del jugo de fique para el control de enfermedades en diferentes cultivos se ha realizado de manera artesanal por los agricultores quienes han comprobado de manera empírica su efecto; también se considera que pueden elaborar desde desgrasantes hasta alimentos para rumiantes y productos farmacéuticos (Guevara & Vallejo, 2014)

La producción departamental destacada ubica a Nariño y Cauca como los principales departamentos productivos del fique, lo cual implica el interés de explotación de este cultivo. Por consiguiente, tras investigaciones de la extracción de componentes de los residuos de la planta de fique, aproximadamente el 95% es considerado un residuo contaminante, y por medio de las cifras denotas en la Cuadro 2, es considerable poner atención a su explotación, no solo por su participación productiva en el departamento, sino por su capacidad biodegradable, esto es idóneo para la problemática ambiental que se enfrenta no solo en el país sino también mundialmente (Castellanos et al., 2009)

El medio ambiente cambia constantemente e incide sobre el comportamiento de las organizaciones, determinando su efectividad para reaccionar de manera oportuna a los nuevos retos, por lo cual surge la opción de adoptar una visión de enfoque sistémico que brinde a mediano plazo soluciones integrales a las dificultades que vienen afrontando los eslabones de la

cadena en cuanto a competitividad y sostenibilidad, para con ello mejorar su capacidad administrativa y centralizar el conocimiento adquirido por los eslabones a través de una red de información, involucrar a sus agentes en un proceso que logre concientizarlos de la importancia de crear cultura competitiva y ser reconocida en el mercado nacional como una cadena productiva exitosa y competitiva con proyección internacional, para ello se pretende lograr que la cadena productiva del fique sea reconocida dentro del programa de cadenas productivas y actúe como motor de desarrollo de los agentes que hacen parte de ella (MADR, 2017)

### Cuadro 2

*Área, Producción y Rendimiento del fique en Colombia.*

Variable	2012	2013	2014	2015	2016*
Área (ha)	20028	22030	20716	20938	23938
Producción (Ton)	21246	21034	18383	17583	19693
Rendimiento (Ton/ha)	1,5	1,4	1,3	1,4	1,4

**Fuente:** Cadefique, 2016. \*Información primer trimestre

### Cuadro 3

*Área producción y rendimiento departamental.*

Departamentos	Área (Ha)			Producción (Tn)			Rendimiento (Tn/Ha)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Cauca	6.837	9.470	9.870	6.837	6.537	7.321	1,4	1,4	1,4
Nariño	6.210	6.900	7.100	6.210	6.710	7.515	2,1	2,1	1,3
Santander	2.500	2.200	2.600	2.500	2.000	2.240	1,2	1,2	1,2
Antioquia	1.988	1.310	2.310	1.988	1.488	1.667	1,3	1,3	1,3
Caldas	236	461	461	236	236	264	1,1	1,1	1,1
Guajira	461	250	1.150	461	461	516	2,5	2,5	1,7
Boyacá	70	180	280	70	70	78	1	1	1
Risaralda	64	119	119	64	64	72	1,1	1,1	1,1
Norte de Santander	13	34	34	13	13	15	0,5	0,5	0,5
Cundinamarca	4	14	14	4	4	4	0,3	0,3	0,3
<b>TOTAL</b>	18.383	20.938	23.938	18.383	17.583	19.693	1,3	1,4	1,4

**Fuente:** Cadefique, (2016).

Se ha presentado una disminución en el área de siembra entre 2014 y 2015, en un 6% por la afectación de los fenómenos agroclimáticos (Fenómeno del Niño y Niña). Actualmente este

porcentaje ha incrementado debido a la floración temprana de las plantaciones más antiguas, en consecuencia a la variación climática y a la falta de tecnificación del cultivo de acuerdo a sus productores y el alcance a dicha mejora (MADR, 2016)

Sin embargo, en las Cuadros 2 y 3, se observó que para el año 2016 se estima un aumento en la producción en un 12% con respecto al 2015, por la floración temprana, aproximadamente el 20% de los cultivos a nivel nacional terminarían su ciclo productivo por lo que estas áreas afectadas tendrán que ser renovadas para suplir demandas futuras; en el 2016 se proyecta una ampliación de área de siembra superior al 16% frente a los resultados del 2014 en área sembrada (Aproximadamente de 4000 ha). (MADR, 2017)

#### ***3.1.4.2 Área, producción y rendimiento departamental***

Para el año 2015 se presentó un déficit de fibra de 10.000 toneladas y para el año 2016 la industria estima una demanda de fibra de 25.000 toneladas, por lo cual con las proyecciones para el 2016 no se alcanzaría a cubrir demandas nacionales e internacionales, se considera que ampliando las áreas de siembra, incentivando la producción y con la ventaja competitiva que tiene Colombia frente a otros países en la producción de fibra, habría una gran oportunidad de ingresar a esos mercados internos y externos (MADR, 2016)

#### **3.1.5 Destino de la producción**

Según MADR (2017), de acuerdo al sector de mercado del fique, se tiene en cuenta su alto interés en la necesidad de incluir en el mercado los insumos de carácter biodegradable, así mismo la posibilidad de un valor agregado tras los productos elaborados con la fibra en donde el (70%) de la fibra de fique se utiliza para la elaboración de sacos (empaques) para productos agrícolas como café, papa, maíz, arveja, fríjol, cebolla; además para la producción de agromantos y geotextiles (15%), cordeles y sogas (10%) y productos artesanales (5%); actualmente los

mayores compradores de fibra de fique son Empaques S.A de Medellín, Empaques del Cauca, Hilanderías de Colombia en Nariño, Coohilados de Fonce en Santander.

Principalmente transforman la materia prima para la realización de sacos con destino a la comercialización del grano del café; siendo La Federación Nacional de Cafeteros una buena oportunidad para promoverlo como cultivo de diversificación, con la enorme ventaja que en todas las fincas cafeteras se cultiva en mayor o menor escala, teniendo en cuenta esto se considera la actual situación de comercialización del café, en donde se denota una temporada de éxito, a lo cual conjuntamente puede ser una solución viable para la comercialización de productos, en donde además de ser un empaque amigable al medio ambiente, también aporta las condiciones para preservar características organolépticas importantes para los transformadores y el consumidor final.

### **3.1.6 Exportaciones de fique**

Se encuentran dos tipos de exportaciones de productos de fique: las producidas por la industria como son empaques, telas, cordeles, etc., y las de productos artesanales las cuales en su mayoría son comercializadas por artesanías de Colombia. Los principales destinos de las exportaciones colombianas de fique y sus subproductos son Venezuela, México, Ecuador, y Costa Rica (López, Moreno, Olmedo, Castillo, & Cabrera, 2017)

**Cuadro 4**

*Exportaciones de fique*

<b>Países destino</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016 (Primer trimestre)</b>
Ecuador	1.174	801.6	556.2	164.1	100.0
Guatemala	224,6	98.9	0.0	0.0	0.0
Venezuela	174.9	136.6	41.3	136.6	80.1
Perú	21,9	0.0	0.0	0,0	0.0
República Dominicana	9,7	0.0	0.0	2.7	0.0
Costa Rica	8.8	14,6	2.2	7.4	13.6
México	0.0	91.9	242.6	209.3	53.9
Indonesia	0.0	10.1	0.0	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>1.614</b>	<b>1.154</b>	<b>842.3</b>	<b>520.1</b>	<b>247.6</b>

**Fuente:** Agronet 2016, \*Toneladas

Como se indica en la Cuadro 4, Colombia principalmente exporta a Ecuador, Venezuela y México, siendo los productos elaborados en fibra y la fibra comercializados en el mercado extranjero; pero la tendencia mundial es el uso de productos amigables con el medio ambiente, por lo cual la fibra de fique y sus subproductos se orientan a este mercado debido al gran potencial exportador. adicionalmente Colombia pertenece en la actualidad, al Grupo Intergubernamental de Fibras Duras escenario de aprendizaje y vitrina mundial para la apertura de mercados internacionales y la aceptación de estos productos (Grupo intergubernamental de fibras duras Grupo Intergubernamental sobre el Yute, 2015)

Según la FAO (2015), de acuerdo al análisis en los grupos intergubernamentales de Fibras Duras, yute, Kenaf y Fibras Afines, su orientación de acuerdo a la situación actual, hace necesario formular opciones eficaces de políticas que influyeran en las economías al abordar la mitigación de la pobreza y la mejora de la seguridad alimentaria y la malnutrición, de acuerdo a

ello dar viabilidad a la apertura de socios comerciales que den una validez a la penetración de mercado en negociaciones bilaterales, regionales y multilaterales con miras a examinar los aranceles restantes y, en especial, la cuestión de la progresividad arancelaria; en donde en vista del déficit de productos de calidad y en cantidad, se tiene en cuenta la necesidad de superar barreras a causa de la oferta del actual mercado, en donde se debería centrar la atención no solo en la mejora de las condiciones agronómicas, sino también en la investigación y el desarrollo en relación con los usos finales nuevos y futuros, aprovechando la creciente preocupación por las repercusiones ambientales del uso de los sustitutos sintéticos; para ello se necesita dar un seguimiento activo para supervisar la evolución de las políticas sobre el desarrollo del comercio y los mercados, en particular de sus efectos sobre los países y las regiones, logrando establecer un desarrollo en conjunto de las actividades y así lograr mejores resultados y el avance progresivo del mismo (Grupo intergubernamental de fibras duras Grupo Intergubernamental sobre el Yute, 2015).

Las exportaciones de Colombia representan **0,17%** de las exportaciones mundiales para este producto, su posición relativa en las exportaciones mundiales de 50. Los países considerados mercados potenciales son: Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido, Canadá, Japón; por los acuerdos comerciales, tratados de libre comercio y por el tipo de barreras comerciales (Trade Map, 2015)

### **3.1.7 Importaciones de fique**

A nivel de importaciones, el déficit de cabuya que se ha presentado en años anteriores en el país, ha obligado a las grandes empresas a importar material sustituto, como otras fibras duras naturales, es el caso del Sisal, Yute y Abaca; en consecuencia la importancia de promover e incentivar el cultivo del fique en el país, teniendo la proyección en el sector figuero de ampliar y



fortalecer la producción con el objetivo de cubrir el déficit nacional principalmente y explorar en nuevos escenarios internacionales.

### Cuadro 5

#### *Importaciones de Fibra de fique*

<b>Países origen</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>
India	5,7	0	0	3,5
China	1,3	0,2	0,3	2,5
EEUU	1,0	0	0	0
Taiwán	0,2	0	0	0
<b>Total</b>	<b>8,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,3</b>	<b>6,0</b>

**Fuente:** Agronet 2016, Trade Map 2016, \*Toneladas

En la Cuadro 5, se resalta que en los últimos años la importación de fibra es casi nula, en donde la producción de fique nacional ha sido participe de conformar las cifras de uso de esta materia prima, esto conlleva a mantener interés en los sectores de producción y a su ampliación, considerando la demanda de fibras naturales.

Las importaciones de Colombia representan **0,95%** de las importaciones mundiales para este producto, su posición relativa en las importaciones mundiales es **19** (Trade Map, 2015)

### 3.1.8 Balanza comercial del fique

### Cuadro 6

#### *Balanza comercial fibra del fique*

<b>Año</b>	<b>Exportaciones (Ton)</b>	<b>Importaciones (Ton)</b>	<b>Exportaciones (USD\$) FOB</b>	<b>Importaciones (USD\$) CIF</b>	<b>Balanza Comercial (US\$)</b>
2012	1453	8,1	3275594	57622	3217972
2013	1166	0,2	2676801	3136	2673665
2014	417	0,3	943016	2972	940044
2015	513	6	1258713	17000	1241713
2016*	175,53	0	367610	0	367610
<b>TOTAL</b>	<b>3724,53</b>	<b>14,6</b>	<b>8521734</b>	<b>80730</b>	<b>8441004</b>

**Fuente:** Agronet 2016, Trade map 2016

Se puede apreciar en la Cuadro 6, que el subsector fiquero tiene un superávit comercial, teniendo en cuenta que se exporto, sacos - bolsas- y talegas para envasar, superando el valor de exportaciones frente a las importaciones hasta el primer trimestre del 2016, esto conlleva a poseer una balanza comercial positiva, lo cual permite la entrada de más recursos al país a través de las ganancias de las exportaciones en comparación a los recursos que salen por el pago de las importaciones, ya que los productores nacionales y la economía en general tienen mayores recursos para realizar sus actividades y desarrollar otras nuevas y, así, incentivar y desarrollar la economía nacional

### **3.1.9 Aporte socioeconómico de la cadena del fique**

Para la actualidad, con las diferentes problemáticas que aquejan el país debido a la tasa de desempleo que en noviembre de 2017 se ubicó en 8,4% de la población (DANE, 2017), así mismo la situación que atraviesa el país con el actual proceso de paz, el fique es uno de los sistemas productivos clave en el proceso del post-conflicto colombiano, debido a los altos impactos sociales, económicos y ambientales que este cultivo genera (MADR, 2016).

Según Ortiz, (2018), el cultivo e industrialización del fique en la etapa posconflicto, podría también posesionarse como cultivo de generación de empleos tanto directos como indirectos dentro de la población desplazada y reinsertada, la razón es muy sencilla: en mayor parte los desplazados y reinsertados son de origen campesino, con conocimientos sobre el cultivo del fique, que en los actuales momentos dado el debacle de los polietilenos y polipropilenos, por no ser biodegradables, ni amigables con el medio ambiente; podría empezar a cultivarse en gran escala con canales de industrialización, comercialización, y buenos dividendos para sus participantes.

Ante la prohibición de los empaques de polietilenos y polipropilenos, prometen ser fuente importante de desarrollo para el sector agroindustrial del País, con magníficas posibilidades de exportación. Existen razones de peso para motivar al gobierno, pero muy especialmente a quienes manejan la etapa posconflicto, pongan su mirada en el cultivo y agroindustrialización del fique, puesto, que se pueden organizar, además de su cultivo, la producción de bolsas o talegos en fibra de fique con el fin de suplir la falta de las bolsas plásticas (Ortiz, 2018)

Donde es de considerar como una ventaja en el cultivo del fique, es que para reinsertados y desplazados, no es desconocido su producción, en su mayoría los campesinos de las zonas cafeteras, ganaderas, arroceras y cacaoteras, además de otras regiones, son conocedores del cultivo y están familiarizados con él, puesto que desde siempre lo han utilizado como un medio de cerca en sus predios rurales (Ortiz, 2018)

Hay estudios técnico científicos que muestran los valiosos desdoblamientos que tiene el fique en sus diferentes modalidades, es decir, ya no es simplemente para producir costales o cordeles, el fique posee un impresionante eje agroindustrial, que el común de los campesinos desconoce, puesto que su cultivo y producción había estado totalmente opacado por la bonanza de los empaques de polietileno y polipropileno (Castellanos et al., 2009)

- El cultivo de fique no es considerado para seguridad alimentaria, pero es un cultivo generador de productos y servicios, que aporta a la sostenibilidad de otros productos agroalimentarios que se encuentran en torno al desarrollo de ésta actividad productiva (MADR, 2017). Esto en consecuencia a bordar el sector de mercado de diversos productos agrícolas como lo es el café, que permite dar un valor agregado a dicho producto y con esto dar a conocer las características de la fibra y su posibilidad de uso en empaques que sugieran ciertas propiedades atribuidas a atmosferas modificadas, que pueden contrarrestar problemáticas de algunos

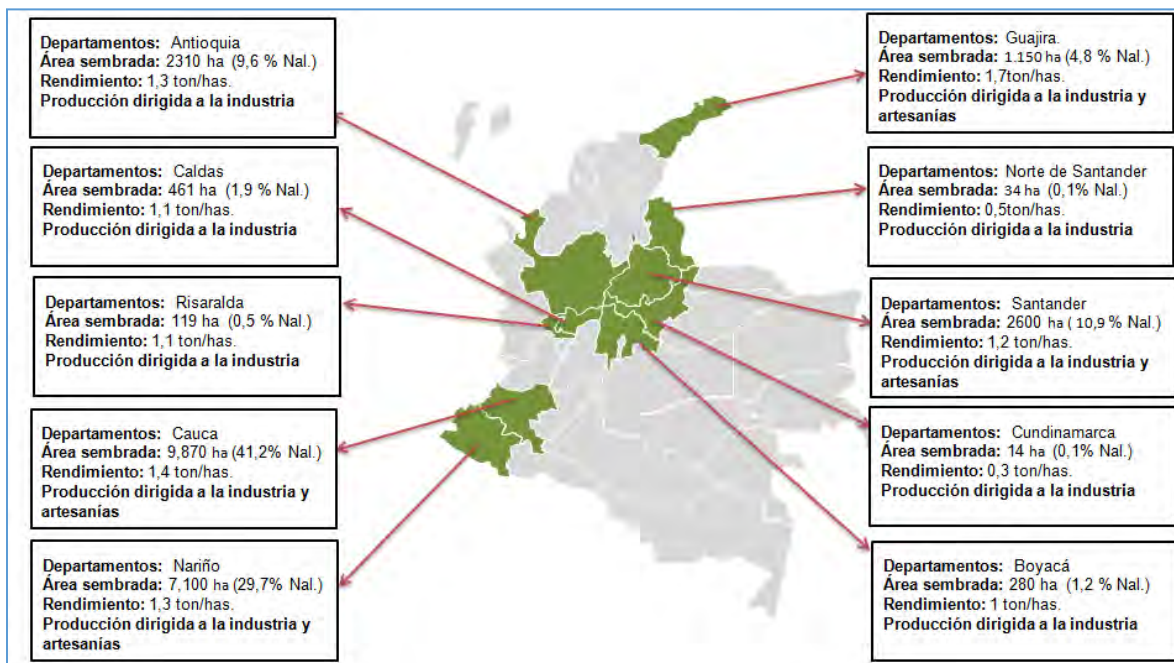
alimentos y disminuir el uso de materiales contaminantes por sus consecuencias en el momento de ser desechados y a su vez la posible modificación al alimento tras sus características sintéticas.

- Según MADR, (2017), el número de productores a nivel nacional se estima en 18.000, representados en un grupo de entre 50.000 a 70.000 familias distribuidas en los Departamentos fiqueros del país. De este grupo el 40% corresponde a población envejecida, el 25% a mano de obra infantil y el 35% restante a población económicamente activa. Este cultivo genera la mayor cantidad de empleo rural 22.858 empleos directos y 1.641.620 empleos indirectos al año. A esto el estado responde como una oportunidad de crecimiento del país a través de generar apoyo y atención a la resolución de la problemática de la cadena, ya que además de ser una cadena productiva de interés, permite dar emprendimiento al país, dado su demanda en el sector de mercado en la actualidad, lo que conlleva a ser un negocio rentable y a la vez sustentable para su inversión.

- De acuerdo a la demanda de un mercado verde en la actualidad y la comercialización de fibras naturales no solo nacionales, sino a nivel mundial, se tiene una alta demanda de fibras naturales entre ellas el fique, debido al déficit de fibras similares como sisal, yute y henequén. El déficit de fibra para el 2016 se estima por la industria nacional en unas 10 mil toneladas lo que se convierte en una gran oportunidad para incrementar las áreas de siembra en sistemas compactos del cultivo, y extender el apoyo económico destinado a los cultivos del pequeño productor fiquero e incentivarlo en su capacitación para la producción de fibra de calidad, que compita con las necesidades del mercado.

Como se evidencia en el gráfico 7, la región andina es el sector donde se cultiva el fique en alta proporción, siendo Nariño, Cauca y Santander productores de fibra orientados hacia el

aprovechamiento y comercialización en la industria y las artesanías; Antioquia por otro tanto dirige su producción únicamente hacia la industria, por su capacidad tecnología y su desarrollo industrial a mayor escala, así mismo se evidencia de modo general por los demás departamentos productores de fique que su producción es destinada a la industria y otro tanto para artesanías.



**Gráfico 7** Destino de producción de fique por departamentos.

**Fuente:** Cadefique, 2016

### 3.1.10 Precios Nacionales

Para la comercialización de la fibra del pequeño y mediano productor, como se ha mencionado, generalmente después de su beneficio y obtención de la fibra, se lleva para la venta la fibra seca como producto en bruto; esta es llevada a los diferentes centros de acopio de las empresas transformadoras de fibra, en la Cuadro 7, se resalta la información obtenida para años pasados, ya que el valor de la fibra ha venido en aumento, reflejando el interés de su uso para la elaboración de diferentes productos de interés a nivel nacional e internacional, y la competitividad en el mercado de fibras naturales. Esto también incentiva al pequeño productor a

realizar una producción de calidad, logrando obtener un mayor rendimiento de fibra a través de un mejor beneficio de la planta de fique con su tecnificación y mejora en la siembra de los cultivos, para poder obtener una mayor remuneración en su comercialización.

**Cuadro 7**

*Precios nacionales de fibra de fique calidad fina.*

Precio Nacional	2012	2013	2014	2015	2016*
Fibra de Calidad Fina (Kg)	1.589	1.653	1.719	1.780	1.853

**Fuente:** Cadefique, 2016, \*primer trimestre.

A nivel nacional para la comercialización de fibra de fique, se resalta el posicionamiento de la compañía de empaques de Medellín, la cual ha abarcado las veces del comprador de la fibra durante varios años, a partir de la información de la organización de la empresa, como requisitos y características para compra de la fibra del productor, en donde consideran como requisitos de remuneración económica:

- Selección y Clasificación: El productor figuero, tras su conocimiento así como a las capacitaciones sobre la identificación de los tipos de fibras a través de la información ya establecida, realiza una clasificación por medio de las características técnicas en donde actualmente en el mercado de las fibras se manejan cinco calidades diferentes como se menciona en la Cuadro 8.

La fibra seca es considerada como un producto industrial, dada la versatilidad de las fibras por sus características que permiten rigidez y soporte, así mismo una flexibilidad acorde para su uso y la posibilidad de mezcla entre ellos acentuando sus propiedades; por ello es utilizado por grandes compañías nacionales e internacionales para la elaboración de empaques y cordelería; por artesanos y a nivel semi-industrial para la elaboración de sus obras y pequeños productores dedicados a elaborar sacos paperos y sogas.

**Cuadro 8**

*Características técnicas de la fibra de fique*

<b>FINA</b>	<b>ORDINARIA</b>	<b>CORTA</b>	<b>SIN SEPARAR</b>	<b>CABUYA EXCEDENTE O DESPERDICIO</b>
<p>Longitud superior a 90 cm.</p> <p>Libre de nudos y amarras.</p> <p>Bajo contenido de ripio.</p> <p>Libre de manchas producidas por enfermedades y plagas en la planta o daño físico.</p> <p>Libre de enredos.</p> <p>Bien desfibrada no deben presentar residuo de material vegetal.</p> <p>Color blanco o crema clara y/o ligeramente verdosa.</p> <p>Humedad máxima 12%.</p>	<p>Longitud mayor a 90 cm.</p> <p>Regular desfibrado.</p> <p>Regular contenido de ripio.</p> <p>Libre de nudos y amarras.</p> <p>Admite enredos.</p> <p>Color variable.</p> <p>Humedad máxima 12%.</p>	<p>Longitud menor de 90 cm.</p> <p>Desfibrado bueno a regular</p> <p>Regular contenido de ripio.</p> <p>Sin nudos y sin amarras.</p> <p>Color variable.</p> <p>Con posibilidad de enredos.</p> <p>Humedad máxima 12%.</p>	<p>Presenta una mezcla de las tres anteriores.</p>	<p>Longitud variable.</p> <p>Desfibrado malo.</p> <p>Sin nudos y sin amarras.</p> <p>Color oscuro.</p> <p>Con posibilidad de enredos</p>

**Fuente:** (Peinado et al., 2006)

A demás para la comercialización de la fibra, se tiene en cuenta características de carácter físico para su clasificación, para la venta en el centro de acopio se tiene en cuenta:

- **Forma:** la fibra seca no debe poseer nudos o enredos, sus fibras deben estar libres entre sí.
- **Longitud:** este es uno de los aspectos más importantes considerados por el consumidor, ya que la maquinaria está diseñada para trabajar con fibras de longitud superior o igual a 90 cm o 100 cm, para la elaboración del hilo utilizado en la producción de empaques y cordelería. La fibra que se encuentra por debajo de los 90 cm se utiliza para la elaboración de eco-musgo y felpa. Si las fibras no están clasificadas se generan pérdidas y es necesario parar la máquina, ya que el hilo se corta.
- **Color:** la fibra seca debe tener un color crema levemente verdoso, actualmente no se considera el color verde un parámetro de rechazo de la fibra ya que durante el almacenamiento y transporte este se irá perdiendo. El color negro o café producido por pudrición o enfermedades fitosanitarias es un factor de control de calidad de fibra que le da un menor valor comercial.
- **Textura:** las fibras secas deben estar libres de material vegetal, biológico como estiércol y/o residuos de la penca, además deben estar sueltas entre sí.
- **Humedad:** las fibras deben contener un máximo de humedad de 12% establecido por la norma NTC 992, para la comercialización de fibras y para que durante el almacenamiento se conserven todas características y evitar la proliferación de hongos.
- **Presentación:** para facilitar el manejo de las fibras en las empresas productoras de empaques se deben formar atados de fibra entre 1,5 kg y 2,0 kg y estos atados se agrupan



en bultos de 50 kg; de esta manera el operario encargado de prensar la fibra se tiene que agachar con menos frecuencia (12 veces).

El precio de la fibra para el pago a proveedores se ve afectado por la clasificación de la fibra anteriormente mencionada, la calidad del producto final; además de ser considerados también como comisión adicional la distancia y el tipo de amarre (amarrado escoba), como una bonificación extra denotados en las Cuadros 9 y 10; estos para considerar los sectores de beneficio de fibra de difícil acceso pero de productividad favorable y así mismo premiar el trabajo del productor fiquero para preservar la calidad de la fibra.

Cabe resaltar que para la comercialización de fibra de fique, se han creado pequeños centros de acopio que por motivos de distancia y operatividad del pequeño productor, da mejor rentabilidad para su comercio.

**Cuadro 9**

*Pago a proveedores de fibra por características técnicas.*

Tipo de materia prima	\$ Por kg.
Fina	2001
Corta	2001
Ordinaria	1744
Sin separar	1697
Desperdicio	952

**Fuente:** Compañía de Empaques S.A., (2017)

**Cuadro 10**

*Bonificaciones por calidad y subsidio de transporte*

<b>Bonificaciones calidad fina por kilo</b>	
Humedad	<b>\$10</b>
Amarre escoba	<b>\$22</b>
Transporte	<b>\$22</b>

**Fuente:** Compañía de Empaques S.A., (2017)

El precio de venta de los productos o materia prima que demanda la industria nacional se han mantenido relativamente estables en los últimos años, lo cual ha generado un desbalance en los ingresos y en el flujo de caja del productor, lo que ha ocasionado una baja rentabilidad y sostenibilidad del cultivo.

**Cuadro 11**

*Precios de tipos de fibra y algunos empaques*

<b>CALIDADES</b>	<b>Precio \$/Kg</b>
Fina	1780
Ordinaria	1490
Fique corto y desperdicio	814
Sin separar	1451
Mota	898
<b>EMPAQUES</b>	<b>Precio Unidad</b>
No 6°	2853
No /°	3419

**Fuente:** Cadefique, 2015.

Teniendo en cuenta la Cuadro 11, se observa variación en su precio a comparación de los anteriormente mencionados, ya que en muchos casos debido al desplazamiento del pequeño productor a otros productos, así mismo pequeñas áreas de siembra del fique, hacen que el productor figuero sea un productor discontinuo en la comercialización al centro de acopio, por tal motivo los costos de transporte y operatividad de su producción puede verse notablemente

afectado en medida a su rentabilidad, ocasionando obtener una alta inversión a una baja remuneración. Se observa también que en productos como empaques de fique como el mencionado, se tiene una posibilidad de comercialización con remuneración mayor al 50% de su compra como fibra bruta, siendo una transformación primaria a nivel industrial, se considera la viabilidad en la actual apertura del mercado en el auge del uso de fibras biodegradables amigables al medio ambiente, las cuales comercialmente tienen un auge en crecimiento de aceptación en el mercado nacional e internacional, generando competitividad con las fibras naturales afines (A. Lozano, Izquierdo, Londoño, & Restrepo, 2012)

#### ***3.1.10.1 Consumo***

Según FAO, (2016) El consumo de fique por la industria es de alrededor de 25 - 30 mil toneladas fibra/año, donde se tiene un mercado importante, tanto externo como interno. La industria nacional puede incrementar su demanda de 9.000 a 13.000 toneladas/año, debido al aumento en el uso en empaques para el sector cafetero, productos textiles y artesanías, principalmente.

Para el año 2015 se presentó un déficit de fibra de 10.000 toneladas, para el año 2016 se estima que aumenta la producción por el fenómeno de floración temprana pero no se alcanzara a cubrir la demanda nacional internacional

**Cuadro 12**

*Departamentos con déficit de fibra*

Zona de producción	Déficit de fibra seca/ zona de producción (tn.)
Cauca	3.784
Nariño	3.438
Santander	1.384
Antioquia	1.100
Guajira	255
Boyacá	39
Totales	10.000

**Fuente:** Cadefique, 2015

Por las condiciones de venta del precio actual y los altos costos de producción denotados en la Cuadro 21, el fiquero se ve afectado para realizar las labores de desfibrado, dado el desestimulo en esta actividad agrícola, lo cual está generando una demanda insatisfecha de esta materia prima del orden de las 10 mil toneladas a nivel nacional; esta problemática impide atender oportunamente los mercados naturales existentes (café, artesanías utilitarias y/o decorativas, empaques para productos agrícolas, cordeles, sogas, entre otros).

**3.1.10.2 Costos de producción**

La productividad de la cadena y su avance en la actualidad ha necesitado del apoyo gubernamental para la sostenibilidad de los cultivos y su aprovechamiento adecuado, siendo necesario para ello la formulación de normas y apoyos para el sector agrario, donde a través de la resolución 398 de 29 de octubre de 2015, se menciona que el precio del fique en la última década ha tenido un comportamiento estable, mientras que los costos de producción del cultivo se han incrementado anualmente, debido a factores tales como: la inflación, la tasa representativa del mercado, los costos de mano de obra, el incremento de los costos de insumos, y los fenómenos agroclimáticos, los cuales han incidido directamente en la rentabilidad y

sostenibilidad del cultivo; esta coyuntura nacional no compensa los costos de producción para los productores de las zonas figueras, generando inventarios con dificultad en el proceso de venta de este producto en el mercado nacional, y por ende pérdida en sus ingresos y en el flujo de caja del cultivo (FAO, 2016)

En la Cuadro 13, se evidencian los costos de producción de los principales productores de fique, en donde se reconoce los altos costos presentados en los departamentos de Santander, Antioquia y Nariño; siendo una de los temas a tratar entre el sector figuero y la proyección de la cadena; siendo esta una de las problemáticas que impiden un desarrollo de una producción estable y de calidad continua en el mercado.

**Cuadro 13**

*Costos de producción de principales departamentos productores de fique.*

<b>Región productiva</b>	<b>Costos de producción (\$millones)</b>
Nariño	7.507
Cauca	5.509
Antioquia	7.884
Santander	8.550
Guajira	6.570
Boyacá	5.604
<b>Promedio Nacional</b>	<b>6.937</b>

**Fuente:** Cadefique, 2016

En la Cuadro 14, la proyección de cosecha figuera en Colombia para el último trimestre de 2015 se estimó en una producción de cerca de 3.077 toneladas de fique, la cual se encuentra en proceso de beneficio y cosecha, que es demandada por la industria nacional. Esta producción genera un incremento de la oferta de esta materia prima, generando volúmenes estacionales con dificultades para su venta (FAO, 2016), lo cual es un punto a considerar de acuerdo a la

comercialización de la fibra de fique, lo que identifica una demanda con dificultad para llegar a ser aprovechada y a las posibles pérdidas de fibra en su beneficio debido a rendimientos bajos y baja tecnificación en la maquinaria utilizada.

A demás para el desarrollo de las diferentes actividades que integran la producción de la fibra del fique, desde su siembra hasta su comercialización; es importante dar validez a los interventores a lo largo de la estructura de la cadena, en donde se evidencia la importancia de la estructura y su funcionamiento para cumplir satisfactoriamente cada etapa y su aporte hacia mejores rendimientos.

**Cuadro 14**

*Volumen de producción estimada de fique.*

<b>Zona de producción</b>	<b>Volumen (toneladas)</b>
Nariño	1.164
Cauca	1.058
Santander	426
Antioquia	339
Guajira	78
Otros	12
<b>Total</b>	<b>3.077</b>

**Fuente:** MADR, 2015

**3.1.11 Actores de la cadena**

Para el funcionamiento de la cadena productiva del fique y su formalización ha sido necesaria una estructura de eslabones que permita el desarrollo de actividades, las cuales permiten una adecuada secuencia para dar un prevailecimiento de la producción de fibra y sus subproductos en el aprovechamiento en el mercado. Esto para permitir una interacción entre los mismos, lo cual

como resultado permitiría el fortalecimiento de la cadena y disminuir el déficit que presenta tras el alcance al avance tecnológico y técnico que ha presentado, para ello se tiene en cuenta a productores, comercializadores, industriales, académicos e investigadores, entre otros.

El trabajo conjunto que han realizado por años, se ha articulado con el fin de mejorar las condiciones socioeconómicas de las regiones productoras, transformadoras y comercializadoras de fique del país, a través del buen uso de los recursos y con fines del aprovechamiento integral de la planta para mejorar la rentabilidad y competitividad de los productos en el mercado nacional e internacional (MADR, 2016)

Para ello se inicia con los actores primarios los cuales se involucran en la etapa de siembra y los insumos necesarios para su producción, así (Castellanos et al., 2009):

**Proveedores de insumos:** Este primer eslabón de la cadena productiva está conformado por los actores que fabrican y comercializan los insumos y materias primas requeridos para el cultivo de fique y su transformación posterior en productos de la cadena. En este sentido en este eslabón se ubican los proveedores de herramientas y maquinaria, de materia vegetal, de agroquímicos y bioinsumos, de insumos para la agroindustria.

**Cultivadores de fique:** Agrupa a los actores que cultivan el fique en las diferentes regiones fiqueras del país; estos actores pueden ser clasificados en campesino, empresa familiar, grandes empresas, según el número de plantas que siembran.

A continuación encontramos los actores secundarios, a través de ellos se cultiva el fique por medio del beneficio de la planta y su adecuación para entrar en la comercialización, así:

**Beneficiarios:** Abarca los actores que se encargan de la extracción de la fibra en las diferentes regiones fiqueras del país y que se encuentran organizados en campesinos, maquinistas, asociación y/o cooperativa de fiqueros y centros de beneficio.

**Intermediarios:** Este eslabón se encuentra conformado por los acopiadores de fibra y los agentes de compra quienes se encargan de comprar la fibra extraída en el eslabón anterior y comercializarla a las empresas transformadoras o a los talleres artesanales.

Seguidamente se encuentran los actores terciarios, encargados de dar un valor agregado a la fibra y/o la comercialización a los diferentes mercados, así:

**Transformadores:** La transformación de la fibra es función de hilanderos, artesanos utilitarios, artesanos decorativos, transformadores de fibra larga, de fibra corta, de bagazo y jugos los cuales a su vez trabajan con empresarios del diseño, en este sentido son estos actores los que conforman este eslabón de la cadena productiva.

**Comercializadores mayoristas:** Agrupa a los actores encargados de la venta y distribución de grandes cantidades de productos transformados. Constituido fundamentalmente por los canales propios de la agroindustria nacional como lo son empresas comercializadoras y comercializadores Industriales.

**Comercializadores minoristas:** Abarca los comercializadores del producto transformado al detal. Los segmentos que conforman este eslabón son los acopiadores de empaque, los detallistas, vendedores de plaza de mercado locales, almacenes y detallistas.

**Cliente final:** Este eslabón abarca todos aquellos actores que hacen uso en la actualidad de los productos de fibra larga y del bagazo del fique, así mismo contempla como segmentos aquellos actores que podrían hacer uso de los productos que se perfilan como potenciales en el aprovechamiento integral del fique tal es el caso de consumidores de productos del jugo, en especial hecogenina y tigenina, que en el futuro se espera ofrecer en el mercado. Además, se encuentran comercializadores de productos agrícolas nacionales, consumidores y productores nacionales de artesanías y confecciones, constructores de obras civiles y ambientales,



comercializadores internacionales de productos agrícolas, consumidores internacionales de artesanías y confecciones, productores y comercializadores de químicos, productores y comercializadores de intermediarios de síntesis, productores y comercializadores de estándares analíticos, consumidores de edulcorantes funcionales y consumidores de licores autóctonos.

De acuerdo a la estructura de los diferentes actores de la producción del fique, se considera la inversión necesaria para la ejecución de las diferentes actividades y gastos para la obtención de la fibra de fique como se indica en la Cuadro 15:

**Cuadro 15**

*Costos de producción*

<b>Rubro</b>	<b>Valor (\$)</b>	<b>Participación (%)</b>
Insumos	2'016.222	29
Herramientas y Equipos	1'064.457	15
Mano de Obra	3'636.137	52
Servicios	182.387	3
Inversiones	38.127	1
<b>TOTAL</b>	<b>6'937.330</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Cadefique, 2016

El cultivo del fique inicia su etapa de producción a partir del cuarto año de establecimiento, con un horizonte de 20 a 30 años de producción, por ser un cultivo de tardío rendimiento y la unidad mínima de producción es 2,5 hectáreas compuesta por 2.400 planta; en la Cuadro 15 se evidencian los costos de esta unidad de producción, siendo esta una cantidad considerable para el pequeño productor y unos gastos a considerar altos para el mantenimiento del cultivo y su posterior cosecha (MADR & CADEFIQUE, 2014)

La situación del productor figuero está atravesando un mal momento, debido a una falta de formalización de la producción de fibra y su cultivo transitorio, evidencia la problemática de déficit en la remuneración del cultivo, teniendo en cuenta que inicialmente los insumos necesarios en su mayoría pueden tener una facilidad de adquisición, así mismo la importancia de la selección de su semilla para su alta producción en fibra y así obtener un mayor rendimiento del mismo, cabe resaltar que este es un notable punto por el cual la rentabilidad de la ampliación de áreas de siembra y dar mayor producción de fibra, ya que la posibilidad de tener un producto sin altos cuidados, y una inversión inicial de mayor alcance, esto da un respiro al pequeño productor (Peinado et al., 2006)

Los últimos años han aquejado al sector figuero por las condiciones agroclimáticas, los altos costos de producción que conlleva a una baja rentabilidad y competitividad del cultivo, siendo esta una causa potencial de una mayor inversión para contrarrestar estos efectos, siendo tratada actualmente para mejorar el déficit de fibra a través de entidades como las UMATA de los diferentes sectores productivos municipales; adicionalmente es necesario poner mayor atención en el beneficio de la fibra, donde teniendo en cuenta la participación del pequeño productor en el aprovechamiento de fibra de fique, con un entorno rural con bajos ingresos, se ha generado la formalización de asociaciones entre los productores; esto ha dado la posibilidad de dar viabilidad a posibilidades de apoyo desde el gobierno y lograr una mayor tecnificación del beneficio del fique, no solo por la inversión a la investigación que hoy en día se presenta para la determinación de más productos a disposición del mercado; sino también la mejora de la actual problemática, en donde se evidencias inconvenientes en el rendimiento de fibra, esto abarca el déficit de acceso a maquinaria que cuide la fibra a procesar, evidenciando la ausencia de maquinaria tecnificada,

así mismo como las pérdidas de material en el desfibrado, bien sea por fallas en la maquinaria por ser obsoleta o inadecuada para procesar (Peinado et al., 2006)

Esta situación evidencia una necesidad de mayor inversión en la operación del desfibrado, para integrar una mayor calidad de fibra, esto conllevaría a una mayor competitividad de la fibra de fique frente a las otras fibras, augurando una apertura de mercado más amplia.

Otra de las ventajas de la cadena de fique es la posibilidad de generación de empleo siendo 22.858 empleos directos y 1'641.620 empleos indirectos (Cadefique, 2016), donde la generación de empleos formales e informales de alto impacto, la hace de agrado para incentivar el desarrollo de la misma; la mano de obra y los insumos, representan los costos más altos, el 52% y el 29% respectivamente, sobre el costo total nacional. El alto costo de la mano de obra se debe a la baja disponibilidad de este recurso humano en región por desplazamiento hacia otras actividades.

El pequeño productor ha venido operando en déficit en el aprovechamiento de la fibra dado que los costos de producción presentan un incremento anual de acuerdo al IPC pero el precio de venta presenta una variación muy baja (MADR, 2017). Esto ha encendido las alarmas al gobierno, dado a la falta de oportunidad de remuneración de sus cultivos, se ha observado la ausencia de crecimiento en los pequeños productores, y así mismo el cambio de cultivos de los mismos, convirtiéndose en productores de oportunidad, en donde las siembras de café suele ser una de sus opciones, entre otros productos agrícolas; y con esto el descuido de la producción del fique.

### **3.1.12 Acompañamiento en el direccionamiento del pequeño productor**

En el año 2015 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural apoyó al sector fiquero con el programa “Incentivo a la comercialización de fique para el último trimestre del año 2015” atendiendo la solicitud del consejo nacional de la cadena en razón a la compensación del

incremento de los costos de producción y a la estacionalidad de los precios del mercado, permitiendo sobrellevar la problemática climática de la época; en consecuencia a este programa se apoyó una producción de 3.077 toneladas de fibra de fique.

A demás se brinda el apoyo desde la vía bolsa mercantil de Colombia – BMC el orden de \$322.194.600, beneficiando un total de 1.300 productores de fique con 991,37 toneladas producidas y comercializadas, simplificando de alguna manera las necesidades del productor y dando crecimiento a la cadena evitando el deterioro de los cultivos, tras la variación del clima, perdidas y consecuencias, que conllevan a reducir la probabilidad de posicionamiento en el mercado.

En 2016 los productores incorporaron procesos tecnológicos a sus prácticas agronómicas tradicionales para mejorar la producción y el fortalecimiento comercial en La Guajira, Nariño, Cauca y Santander, se otorgó crédito e ICR por \$2.023 millones para nuevas siembras, con el SENA se trabajó en identificar necesidades de formación buscando fortalecer cada eslabón en temas productivos, industriales y artesanales y así cumplir con las exigencias del mercado de modernización de sus prácticas tradicionales y mejoramiento tecnológico; logrando disminuir el déficit de fibra nacional, por lo que se tiene como objetivo cerrar las brechas comerciales incrementando el área sembrada y la disponibilidad de materia prima (MADR, 2017)

Según MADR, 2017 se da a conocer que para el año 2016:

- Se logró el fortalecimiento técnico a través de dos proyectos de asistencia técnica gremial (Fenalfique y Agroin).
- En créditos ICR se otorgó \$1.778.944.191,00.
- Se aprobaron propuestas de alianzas productivas.

Cabe resaltar que dado el interés de sobresalir como cadena productiva, el apoyo desde la política agraria hace más llevadera la situación socioeconómica y medioambiental que ha enfrentado el sector fiquero a lo largo de los años, en donde hoy la concientización a enfrentar este déficit, ha permitido la orientación a diferentes entidades que en convenio al estado y el pequeño productor ha dado un paso adelante en el sector de investigación y en consecuencia en el mercado por la formación de asociaciones y su empeño en organizarse como empresa, dando un enfoque al aprovechamiento de la planta de fique en su totalidad, y a su vez acoger su producción como sustentable en diferentes ámbitos de aprovechamiento para su remuneración económica, y para ello el acompañamiento en su formación ha sido de importancia, para dar una visión más clara y amplia, del impacto de la correcta explotación de sus cultivos y el gran momento que atraviesa el uso de materias primas con características biodegradables.

Por tanto, al incursionar en proyectos productivos del fique, se puede estar absolutamente seguro, que tanto la fibra, como los empaques y artesanías tienen mercado asegurado, además, de otros derivados como el bagazo y el zumo, son materias primas para la elaboración de productos varios como el abono, licores y jabón (Peinado et al., 2006)

## **4. Las Fibras Naturales y el Fique**

### **4.1 Agronegocio del fique y de las fibras naturales afines**

Su origen se da en América Tropical, en una alta proporción en países cuyas condiciones ambientales tropicales se mantienen a lo largo del año, específicamente la región Andina, difundiéndose hacia la costa oriental de Brasil y a todas las Antillas; donde se encuentran: Costa Rica, Venezuela, Ecuador, Colombia; siendo este último el mayor productor mundialmente.(Echeverri, Franco, & Gonzalez, 2015)

De ahí que el análisis del agronegocio del fique en el mundo, no deba limitarse al estudio de esta única fibra natural sino que, adicionalmente, conviene abarcar información concerniente sobre otras fibras naturales que poseen características físicas similares al fique y que constituyen su competencia directa.

En las fibras naturales, mundialmente son reconocidas: Yute, Bonote, Sisal, Abaca, Henequén y el Fique, siendo gran competencia, nacional e internacional; teniendo en cuenta sus características han sido bien acogidas en el mercado de la industria como se observa en la Cuadro 16, en donde son las tres primeras, las de mayor participación mundial para el 2010, además de tener una alta producción ocupando los tres primeros lugares a nivel mundial para ese año, cabe resaltar que son el sisal y el yute, una competencia directa siendo estas fibras duras que los relaciona por su posibilidad de participación en su fabricación de productos afines, esto lo hace competitivo en el sector de mercado además de dar viabilidad a incursionar en la innovación e inversión en la cadena del fique, además de poseer una entrada de mercado dadas sus características y propiedades afines a las fibras naturales afines cuya aceptación a nivel internacional

**Cuadro 16**

*Participación del fique a nivel mundial*

<b>Fibra</b>	<b>Producción (Miles de Toneladas)</b>	<b>Participación mundial</b>
<b>Yute</b>	2.786.020	74,37%
<b>Bonote</b>	623.494	16,64%
<b>Sisal</b>	206.601	5,51%
<b>Abaca</b>	68.028	1,82%
<b>Henequén</b>	38.200	1,02%
<b>Fique</b>	23.959	0,64%
<b>Total</b>	3.746.302	100%

**Fuente:** FAO, 2010

#### **4.2 Producción a nivel mundial**

La producción de fibras naturales se hace evidente en diversos países, siendo usadas de distintas formas, al existir un gran número de plantas textiles, sin embargo, es importante tener en cuenta la clasificación de estas especies y de acuerdo a ello identificar características de utilidad en los diferentes mercados.

Las fibras naturales están disponibles razonablemente en grandes cantidades, donde cabe mencionar que entre las fibras naturales existentes, están las de origen mineral, animal y vegetal, como se observa en la Cuadro 17, donde son obtenidas de diferentes procedencias, que por su naturaleza están clasificadas por su similitud y así mismo la capacidad de producir determinados productos por sus características y potencial competitivo en el mercado, además de ser consideradas para el uso textil de forma general y con alto potencial en la elaboración de más productos en las fibras vegetales y minerales.

**Cuadro 17**

*Clasificación de las fibras textiles según su procedencia*

<b>Fibras textiles naturales</b>		
<b>Vegetales</b> <b>(Celulosa)</b>	De hoja	Fique, henequén, cantala, guapilla, piña, cáñamo de hojas, sansevieria, sisal, esparto, cumare, iraca, moricha, rafia, etc.
	De tallo	Lino, yute, cáñamos de tallos, abacá, plátano, ramio, guaxima, bambú, etc.
	De semilla	Algodón, kapac.
	De fruto	Coco.
	De raíz	Raíz de arroz o raíz de escoba, zacatón.
<b>Animales</b> <b>(Queratina)</b>	Lanas	Fibras que recubren la piel de las ovejas
	Pelos	Alpaca, vicuña, cachemira, mohair, conejo, huarizo, llama, caballo, guanaco, camello, etc.
	Filamentos	Seda.
<b>Minerales</b>	Asbesto: crisotilo, crocidolita.	

**Fuente:** (Peinado et al., 2006)

### **4.3 Fibras naturales afines del fique**

Dentro de las fibras naturales se puede hablar de dos tipos: la fibra dura y la fibra blanda, siendo la principal diferencia entre ellas el origen de la fibra, donde la primera proviene de la hoja de la planta, mientras que la segunda del tallo.

El fique es una fibra dura cuyas características le han proveído ciertas ventajas competitivas con respecto a las otras fibras que se pueden encontrar en el mercado para la fabricación de artículos como empaques, cordelería y tejidos. Entre las principales fibras naturales, producidas y consumidas a nivel mundial se encuentran las siguientes: el yute, el sisal, el henequén, el kenaf, el Abaca, y el fique (Castellanos et al., 2009), como se muestra en la Cuadro 18:



**Cuadro 18**

*Principales fibras naturales de consumo y producción mundial.*

YUTE	FIQUE	SISAL	HENEQUEN	KHENAF	ABACA
(Tiliaceae corchorus)	(Furcraea bedinghausi)	(Agavácea Agave sisalana)	(Agavácea Agave fourcroydes)	(Malvaceae Hibiscus cannabinus)	(Musaceae Musa textiles)
FIBRA BLANDA	FIBRA DURA	FIBRA DURA	FIBRA DURA	FIBRA BLANDA	FIBRA DURA
India y Bangladesh	Colombia	Brasil	México y Cuba	India, China y Tailandia	Filipinas y Ecuador
Fabricación de hilos, tejidos, sacos, alfombras y en nuevos productos como geotextiles.	Fabricación de sacos o empaques, artesanías, sogas, hilos, telas, relleno de colchones y cojines, papel artesanal entre otros.	Fabricación en cordelería, costales, hilaza para alfombras, hamacas, rellenos de colchones, pasta para papel entre otros.	Fabricación de hilos, sogas, cordeles, alfombras, hamacas, sombreros, sacos, etc.	Elaboración de papel, cartón, empaques, acolchados de alfombras, sustitutos de fibra de vidrio, etc.	Se emplea esencialmente para la fabricación de textiles.

**Fuente:** (Castellanos et al., 2009)

Teniendo en cuenta la competitividad y afinidad de las fibras, según la FAO (2009), se pueden encontrar los siguientes conceptos de las fibras:

- **Sisal**

La fibra de sisal es proveniente del *Agave sisalana*, planta nativa de México, crece en climas cálidos y zonas desérticas no habitables para otros cultivos, debido a que puede ser plantado en casi todo tipo de suelos, salvo en los que son muy húmedos, salinos o arcillosos, y durante todo el año; su cosecha se da a partir de los 2 – 2,5 años de plantación, siendo su periodo productivo

entre 7 – 12 años, esta requiere bajos insumos y tiene a ventaja de ser resistente al ataque de plagas y enfermedades; las fibras están situadas longitudinalmente en las hojas, siendo más abundantes cerca de la superficie de la hoja, y alrededor de un 90% de humedad, pero la pulpa carnosa es muy firme, y las hojas son rígidas, para su obtención se extrae raspando el material pulposo, generalmente mediante un proceso de descortezado mecánico, y arrancándolo manualmente, donde el rendimiento medio de las fibras secas es cerca 1Ton/Hec. El sisal es cultivado para la obtención de fibra en Angola, Brasil, China, Cuba, Haití, Indonesia, Kenya, Madagascar, Mozambique, México, Sudáfrica. Tanzania y Tailandia (AITEEX, ASINTEC, CETEMMSA, LEITAT, & FEDIT, 2011)

#### Aporte al medio ambiente

El sisal por ser un recurso renovable, tiene un impacto como solución al cambio climático, dado que en su ciclo vital, absorbe más dióxido de carbono de lo que produce, además genera principalmente desechos orgánicos y residuos de hojas que pueden usarse para generar bioenergía y características biodegradables. Las plantas de sisal tienen un sistema de raíces muy extendido que previene la erosión del suelo, su conservación y la ordenación de cuencas hidrográficas, siendo usadas como cercas para la construcción de barreras vegetales para la protección de tierras de cultivo y ante la entrada de animales depredadores.

FAO (2009) menciona la variedad de aplicaciones del sisal, fique y henequén, así:

- Para la producción tradicional se usa en cordeles, sogas, cuerdas, hilo; puede encontrarse también en alfombras, esteras y diversas artesanías., generando una competencia directa con las fibras sintéticas como el polipropileno.

- Compuestos de plástico y de caucho – El sisal puede usarse como refuerzo en los polímeros compuestos (termoplástico, material termofraguable y caucho) debido a su baja densidad y a sus propiedades específicas para soldaduras
- Como refuerzo en composites plásticos compuestos, particularmente en componentes automotores, pero especialmente en muebles.
- Otro uso importante es como sustituto de asbestos en zapatas de frenos, y es también el mejor material para hacer blancos de tiro.
- Pasta y papel de sisal – Como la biomasa del sisal contiene una proporción elevada de celulosa, su pasta es un sustituto de las fibras de madera y da cuerpo al papel y el cartón; es absorbente y tiene características de gran resistencia, lo que lo convierte en un insumo de alta calidad para los productos de papel.
- Su dureza lo hace apto para elementos abrasivos en pulidoras.
- Productos de residuos de sisal – Subproductos de la extracción de sisal pueden usarse para biogás, ingredientes farmacéuticos y material de construcción.

Otros mercados emergentes: papel especial, filtros, geotextiles, colchones, alfombras.

También subproductos de la extracción de sisal pueden usarse para hacer biogás, ingredientes farmacéuticos y material de construcción.

#### - **Henequén**

Según E. Escalante, (2013), la planta de henequén (*Agave fourcroydes*) se encuentra ampliamente en Yucatán, pertenece al género de los agaves; se caracteriza por ser resistente a la sequía, plagas y enfermedades. Es una planta resistente, debido a que no requiere gran atención cultural, por lo que su producción no es costosa, además de poder ser aprovechada integralmente, debido a sus múltiples usos como:

- Principalmente uso industrial en la fabricación de cuerdas, sogas, sacos, hilos.
- En la elaboración de artesanías como alfombras, tapices, tapetes y hamacas,
- Investigaciones con la pulpa y el jugo para elaborar bebidas alcohólicas y fabricación de etanol, pasta de papel, abono, biogás, alimento de ganado, ceras para uso industrial, hecogenina y biodetergente.

- **Yute**

Es proveniente de la planta de yute blanco (*Corchorus capsularis*), y en menor cantidad del yute rojo (*Corchorus olitorius*), se produce en áreas de tierras bajas tropicales con una humedad del 60% al 90%, tiene una longitud de 1 a 4 metros, presenta un rendimiento aproximado de 2 Ton/Hec. Los principales países productores son: Bangladesh y Bengala Occidental en India, seguidos de Myanmar y Nepal con cantidades menores (FAO, 2016)

El yute tiene propiedades altamente aislantes y antiestáticas, moderadas reabsorción de humedad, baja conductividad térmica, además de consumir gran cantidad de dióxido de carbono y liberar oxígeno.

Entre los productos que se fabrica con esta fibra están:

- Hilo y cordeles de yute usados para tejidos de diferentes piezas y mezclado con otras fibras ha sido usado como cubierta de cojines, juguetes, papel de colgadura, pantallas de lámparas y zapatos
- Fabricación de empaques rígidos y plástico reforzado
- Producción de pulpa y papel para sustituir la madera
- Los geotextiles por su carácter biodegradable, son flexibles, absorben la humedad y drenan bien, usados para prevenir la erosión del suelo y los deslizamientos de tierra.

- **Kenaf**

La planta de kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) presenta potencial de uso forrajero como cultivo de emergencia en los sistemas de producción agropecuarios, este presenta posibilidades para integrarse en los sistemas de producción agropecuarios de las regiones áridas y semiáridas, dadas sus cualidades de tolerancia a la salinidad, adaptación para crecer en ambientes áridos con riego, así mismo sus altos rendimientos de biomasa en regiones con altas temperaturas.

El kenaf es usado con la finalidad de obtener fibra para la producción de sacos para envasar productos agrícolas y de la industria, para la obtención de pulpa para papel y para la alimentación animal; ya que es un cultivo con potencial forrajero, debido a que cuenta con un forraje altamente palatable en fases tempranas y su alto contenido de proteína cruda con valores de 15 a 22 % (FAO, 2016)

- **Abacá**

Se extrae de la planta de abacá (*Musa textilis*), de la vaina de las hojas que rodean el tronco es ampliamente distribuida en los trópicos húmedos, esta compuesta por células largas y delgadas que forman parte de la estructura de soporte de la hoja, el largo de la fibra es aproximado a 3 metros. El cultivo de abacá puede reducir los problemas de erosión y sedimentación en las zonas costeras que son importantes para la cría de pescados de mar, también mejora la capacidad de retención de agua del suelo y como prevención de inundaciones y deslizamientos de tierra, además permite la rehabilitación de los suelos en plantaciones de monocultivo.

El contenido de lignina está por encima del 15%, es valorado por su gran resistencia mecánica y por agua salada, y el uso de los residuos del procesamiento de abacá se usan como fertilizantes orgánicos.

La fibra de abacá es transformada en su mayoría en pasta y papeles especiales, tales como: bolsas de té, café, papel para envoltura de salchichas, papeles para cigarrillos, medicamentos, alimentos, desechos, papel de alta calidad para escritura, entre otros.

De las fibras anteriormente nombradas, el yute y el sisal constituyen las principales competidoras del fique en el mercado nacional y mundial; por tal motivo la mayoría de las cifras e información manejada en el presente estudio hacen referencia a estas dos fibras.

Los principales consumidores y demandantes de la fibra natural y de sus productos están en Europa, en países como Bélgica, Reino Unido, y la antigua Unión Soviética, quienes constituyen el principal mercado de las fibras naturales; así mismo Alemania, España, Países Bajos, Francia, Portugal, Italia, Grecia y Suiza vienen configurándose como compradores potenciales. Así mismo, países productores de fibra, como en los casos de India y China, son importantes consumidores de fibras y sus productos los cuales han venido aumentando el consumo y demanda de fibra, para suplir el déficit existente.(Castellanos et al., 2009)

La participación mundial frente a las otras fibras naturales para el 2012, evidenciaron una producción de fique por parte de Colombia en 1%, siendo este el productor reconocido en este sector de mercado y la oportunidad de comercialización a nivel mundial. También se reconoce la gran participación de las fibras duras mundialmente siendo el Yute y el sisal reconocidos ampliamente, y competencia directa para la fibra de fique, así como la oportunidad de incursión a su mercado, por tener posibilidad de fabricación y uso de la fibra, con similitud a las anteriormente mencionadas

**Cuadro 19**

*Participación mundial de fibras naturales*

<b>PAIS</b>	<b>FIBRA</b>	<b>PARTICIPACION MUNDIAL</b>
India	Yute	57%
Bangladesh	Yute	24%
Brasil	Sisal	6%
Filipinas	Abaca	2%
China	Yute	2%
México	Sisal	1%
Ecuador	Abaca	1%
Myanmar	Yute	1%
Kenya	Sisal	1%
Colombia	Fique	1%

**Fuente:** FAO, 2012.

En la Cuadro 19, se observa la participación mundial de la fibra de fique, ubicándose en un 1%, donde los productos de comercialización básicamente son sacos y talegas para envasar, cordeles, cuerdas y cordajes, trenzados o no; los cuales de acuerdo a las características y usos de las fibras afines, es considerado un de mercado viable, dado que estas fibras poseen versatilidad para poder fabricar productos con similitud y acogida al que demanda el consumidor, generando atención a la intención de integrar a los sectores educativos y de investigación ante la necesidad de generar fibras de calidad, que generen la competitividad necesario para establecer un aporte mas significativo ante las otras fibras.

## **5. Beneficio de fique e identificación de sus residuos**

Para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales, se tiene en cuenta la recepción de la materia prima, y para ello es importante conocer sus condiciones de cultivo y manejo para su adecuada proliferación, de las cuales depende una producción con buenos rendimientos de fibra.

### **5.1 Generalidades del cultivo de fique**

#### **5.1.1 Caracterización de la planta de fique**

El género *Furcraea* es miembro de la familia *Agavaceae* y es endémico de América Tropical, específicamente de la región andina de Colombia y Venezuela, aunque se le encuentra de manera natural desde el sur de México hasta Brasil (Casierra, Pérez, & Portilla, 2006)

Guevara & Vallejo, (2014), mencionan que los géneros *furcraea* y *agave* comprenden un gran número de plantas xerófitas, es decir que soportan grandes sequías y están adaptadas a esa escasez de agua y se explotan principalmente en México, Colombia y Brasil. La producción de bebidas, cordeles, sacos, artículos artesanales, alimentación animal, fármacos, biomasa, refuerzo para construcciones, abono y sustrato para cultivos, son solo algunas de las aplicaciones directas de estas plantas, sus extractos contienen una gran variedad de compuestos químicos muchos de los cuales tienen aplicaciones potenciales en el tratamiento de enfermedades como el cáncer, siendo algunos de los compuestos encontrados las saponinas, hecogeninas, fructanos, celulosa y hemicelulosa.



**Cuadro 20**

*Clasificación taxonómica del fique.*

REINO:	<i>Vegetal</i>
SUBCLASE:	<i>Monocotiledónea</i>
PHYLUM:	<i>Tracheophyta</i>
ORDEN:	<i>Liliflorae</i>
DIVISION:	<i>Spermatophyta</i>
FAMILIA:	<i>Agavaceae</i>
CLASE:	<i>Angiospermae</i>
GENERO:	<i>Furcraea</i>
NOMBRE COMUN:	<i>Fique, cabuya, maguey.</i>

**Fuente:**(CORPOICA & Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria, 2004)

**5.1.1.1 Características morfológicas.**

La planta de fique presenta una reproducción asexual (Colinos provenientes del florecimiento), a través de una semilla propagada y en general una longevidad del cultivo de entre 10 a 30 años; donde los cultivos pueden reportar un crecimiento en el rango de altura de 2 a 7 metros, y una posibilidad de longitud de las hojas: 1 a 3 metros (MADR & CADEFIQUE, 2014); siendo esto una posibilidad de cultivo de productos de calidad, mediante un control de las plantas cuyas características se exaltan frente a sus posibilidades de rendimiento en la productividad de fibra, así mismo de su tiempo de vida productiva que puede variar dependiendo de factores como herencia, suelo, clima y prácticas culturales.

**5.1.1.2 Variedades o Ecotipos de Fique.**

En Colombia se registran 20 biotipos de fique, dentro de los cuales los más importantes son: Uña de águila (*Furcraea macrophylla*), Tunosa o negra Común (*Furcraea gigantea*), Ceniza (*Furcraea cabuya*), Bordo de Oro (*Furcraea castilla*), Rabo de chucha (*Furcraea andina*).

(Echeverri et al., 2015)., debido a que geográficamente cumple con las condiciones climáticas y de suelos óptimas de altura, temperatura, nivel de lluvias entre 1000 y 1600 mm, buena luminosidad y suelos de pH entre 5 y 7 (S.A., Corantioquia, Barbosa, & Barbosa, 2004).

Los diferentes biotipos presentes en el país, pueden ser clasificados para su explotación; y su reconocimiento permite dar valor agregado, según su calidad de obtención y la posibilidad de combinación por la calidad de fibra y sus características técnicas, lo cual resulta ser mayores ingresos para los productores. Generalmente el uso de fibra de calidad alta da la viabilidad de creación de productos derivados de la fibra larga, los cuales permiten mayores usos y rentabilidad en su producción y siendo aceptadas para procesamiento en promedio el largo es de 120 cm, y el tipo de fibras y su calidad varían de acuerdo al microclima; ya que en su mayoría la producción de plantas de fique se originan en sectores marginados con variación de climas que diversifica los resultados de obtención de la fibra.

Estas características físicas dependen de la especie, variedad, suelo, clima y beneficio dado a la hoja; por tanto la importancia de darle valor a los eslabones primarios; para la identificación de los biotipos (Echeverri et al., 2015), (Peinado et al., 2006) describen:

- Tunosa común (*Furcraea gigantea*):

Crece en todas las cordilleras, espontáneamente en Colombia. Las hojas son de color verde brillante por ambos lados y tiene espinas cafés en los bordes; es de larga vida útil, tolerante a suelos pobres en nutrientes, requiere para su desarrollo condiciones de semi-humedad, temperatura cálida y exposición a la luz solar. Es una planta que tiene una hoja de buen tamaño y su contenido de fibra es bajo, pero resistente. No se recomienda para plantaciones extensas, ya que es susceptible al gusano pasador y a la viruela.



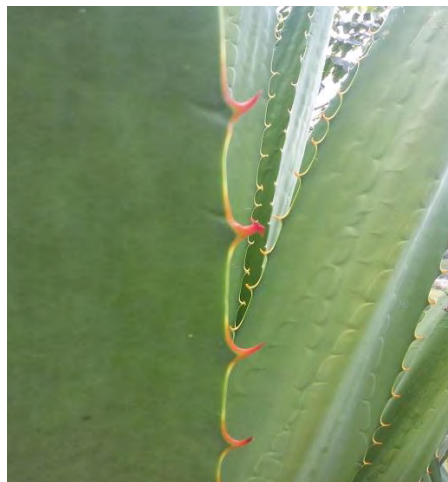
**Ilustración 1** Tunosa común (*Furcraea gigantea*)

**Fuente:** Este estudio

- Uña de águila (*Furcraea macrophylla*):

Se originó en Colombia, crece espontáneamente en Cauca, Santander, Antioquia, Cundinamarca, Boyacá y Nariño. Sus hojas son de color verde claro por encima y ceniza por debajo, se distingue porque tiene espinas encorvadas en sus bordes y un aguijón pequeño en las puntas, posee dimensiones de hoja con 150 a 200 cm de largo y 8 a 14 cm de ancho. Emite muchos hijuelos en el suelo y en el tronco, se cultiva preferiblemente en suelos secos y crece bien en los climas cafeteros (1.200 a 2.000 m.s.n.m.). Produce muy buena calidad y cantidad de fibra, en todas las condiciones, tanto en el número de fibras por hoja, como en la cantidad de fibra y resistencia.

Susceptible a mal rosado, gotera, antracnosis, gusano pasador, chinche, chupadora y cochinilla.



**Ilustración 2** Uña de águila (*Furcraea macrophylla*)

Fuente: Este estudio

Otros de interés como:

- **Ceniza** (*Furcraea cabuya*):

Crece de manera espontánea en Colombia, Costa Rica y Panamá. Posee de 2 a 7 m de altura, entre los 1.500 y 2.000 m.s.n.m., con tronco grueso de menos de 1 m de alto, sus hojas carecen de espinas y son de color verde y lisas por encima (haz) y grisáceo por debajo (envés), de 150 a 300 cm de largo. Se reproduce por hijuelos y bulbillos, cada planta produce alrededor de 1 kilo de cabuya por año, por lo que es preferida para elaborar artesanías, debido además a su cabuya liviana y de fibras fuertes. Es una planta que produce buena fibra, pero son delgadas y suaves. Por ello en las empresas debe mezclarse con otras fibras gruesas y mas duras. El artesano colombiano la prefiere por su suavidad al tacto, que a diferencia de la uña de águila, produce deterioro de las manos en el proceso de hilado. Tolerante a la macana y a la gotera pero muy susceptible al gusano pasador.

- **Bordo de oro** (*Furcraea castilla*):

Se originó en Colombia, principalmente en Antioquia y Tolima, se caracteriza por tener hojas verdes y brillantes tienen dirección casi vertical, provistas de una margen o franja de color

amarillo (carey) y armada con algunas espinas rudimentarias. Planta de larga vida productiva (15 a 20 años), prefiere temperaturas de 20 a 23° C y alturas que oscilan entre los 1.200 y 1.600 m.s.n.m. Alto rendimiento de fibra, resistente a insectos, pero en piso frío los hongos pueden causar molestias. Exigente en suelos y manejo, se asocia con otros cultivos por tener pocas espinas. Emite algunos hijos en el tronco.

El rendimiento de fibra es bueno y su fibra es intermedia en tamaño y espesor. Es una planta de larga vida productiva y generalmente se produce en zonas de mayor temperatura, la fibra de esta planta también es utilizada mayormente por los artesanos.

- **Rabo de chucha** (*Furcraea andina*):

Esta especie emerge en el Perú y Ecuador; en Colombia parte del fique nariñense pertenece a ésta variedad. Es una planta de tronco corto, hojas abiertas cóncavas o casi aplanadas de 120 a 170 cm de largo y 10 a 15 cm de ancho, angostas en la base, aguijones encorvados hacia la parte distal de la hoja de 5 a 8 mm de largo, el escapo floral mide de 5 a 9 m, las flores no producen semillas pero en su lugar forman bulbillos cónicos que producen hojas verdes. La planta produce anualmente cerca de 1 Kg. de fibra natural.

Es importante analizar todos los factores y condiciones del predio y región, para determinar que especie y/o variedad se elige, teniendo éxito en el cultivo de fique (COMPAÑÍA DE EMPAQUES S.A., ARD/CAPP, ISAGEN, & USAID, 2005), es de resaltar la acogida de las variedades: Uña de águila (*Furcraea macrophylla*) y tunosa o negra Común (*Furcraea gigantea*), dado el interés por la fibra y su uso industrial.

### **5.1.1.3 Propagación del Fique**

Según Echeverri et al., (2015), cabe resaltar que se emplean varios métodos de propagación vegetativa, para el fique se utilizan hijuelos; mediante el empleo de esta técnica las

características propias de cada planta individual se conservan en las plantas descendientes y, además, puede preservarse intacto el genotipo de la planta original, se pueden trasplantar cuando tienen entre 12 y 18 meses, dependiendo de la variedad. Los hijuelos se encuentran adheridos al tallo o a su alrededor, aseguran buena longevidad, una planta sembrada por este sistema se demora en florecer; el inconveniente que posee es que emite pocos hijuelos y no alcanza para realizar una siembra considerable.

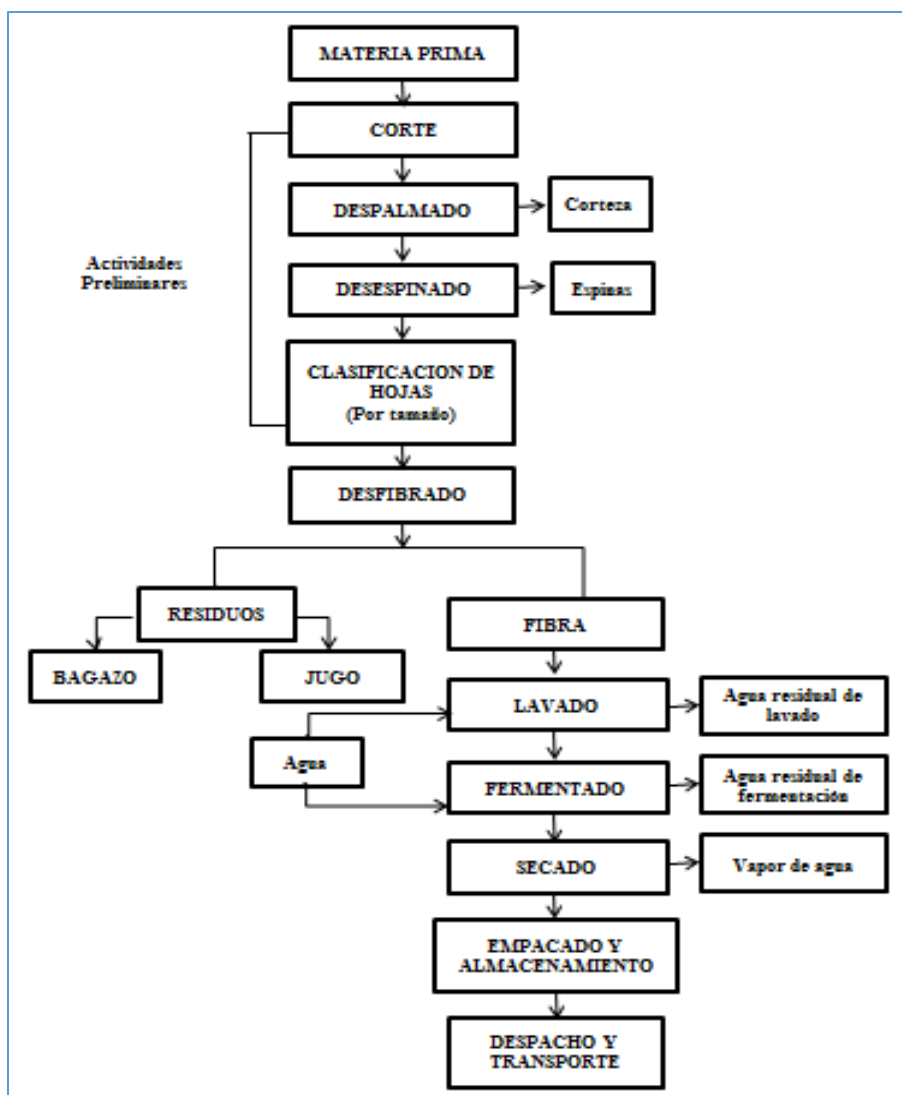
#### ***5.1.1.4 Condiciones ideales de siembra.***

Las condiciones ideales de siembra del fique, abarcan desde el nivel del mar hasta los 3.000 msnm; es importante tener en cuenta las características de los biotipos, estos pueden resistir una altura óptima: 0 a 2.000 m, temperatura óptima: 15° a 35° C, con una siembra de las plántulas a una distancia de: 2 X 2 m, alcanzando una densidad de siembra: 2.700 plantas/ha (MADR & CADEFIQUE, 2014)

Se encuentran diferentes variedades de este género, por ser un producto resistente a todo tipo de climas: inviernos, veranos, altas y bajas temperaturas, lo cual le da diferentes características a la fibra y la posibilidad al cultivador de establecer el uso de la semilla adecuada para la obtención del producto de mayor interés, es un cultivo de tardío rendimiento entre el 3 y 4 año inicia la fase de producción (Colombia & Agricultura, 2015).

## **5.2 Proceso de obtención de la fibra de fique**

Para el beneficio de la planta de fique es importante considerar diversos aspectos para su aprovechamiento, en la figura 2 se indican las diferentes etapas de procesamiento para la obtención de la fibra de fique.



**Diagrama 2** Proceso de beneficio de fibra de fique

**Fuente:** Este estudio.

Por lo general el aprovechamiento del fique se lleva a cabo al tercer año posterior a la siembra de la planta, durante el período intermedio se requiere de actividades de manejo como deshierbas y fertilización.(Herrera & Morales, 2008), refieren que para lograr la obtención de la fibra se hace necesario la realización de algunas actividades que pueden llegar a tener una variación en el tiempo de ejecución, según el proceso del productor; así mismo un acondicionamiento preliminar de las pencas de fique que entrarían en el procesamiento.

### 5.2.1 Actividades preliminares

El productor selecciona las plantas que están listas para el procesamiento y de acuerdo a la secuencia del diagrama 2:

**Corte:** Se realiza un desprendimiento de las pencas con corte recto, cercano al tallo, se debe dejar dos dedos de base de la hoja sin dañar las hojas cercanas, esto para evitar dañar el tallo y así causar la entrada de microorganismos o desarrollo de plagas que pueden llegar a restarle vida útil a la planta. Las pencas se amontonan en sitios equidistantes mientras se continúa con las demás actividades de la cosecha, luego son transportadas por un operario hasta el sitio en donde se realiza el beneficio o a un lugar de almacenamiento (Herrera & Morales, 2008)

Se separan las pencas teniendo en cuenta su longitud y grosor, siendo esto de vital importancia en la etapa del desfibrado, debido a que esto permite dar graduación a las cuchillas que intervienen en la obtención de la fibra y así impedir el deterioro de la fibra por atascos o ruptura en las cuchillas lo que conllevaría a una disminución en el rendimiento de producción y altas pérdidas, dado que parte de la fibra de aprovechamiento termina en los subproductos.



**Ilustración 3** Corte de penca de la planta de fique

**Fuente:** Este estudio



**Destune:** Esta actividad permite retirar las espinas en los extremos de la punta de la penca, seguidamente de los lados extremos en la base de corte, para impedir un posible enredo de la fibra o dificultad en la maquina desfibradora.



**Ilustración 4** Destune de la penca de la planta de fique

**Fuente:** Este estudio.

**Despalmado:** Se corta en la base de la hoja un tramo de 10 a 15 cm. Para permitir una entrada a la máquina de forma adecuada y así disminuir motas y enredos en el proceso.



**Ilustración 5** Despalmado de la penca de la planta de fique

**Fuente:** Este estudio.

### 5.2.2 Proceso de beneficio de fibra de fique

**Selección y Clasificación:** Las pencas que ya vienen separadas por el productor, se agrupan para verificar su calidad de acuerdo a longitud, grosor y estado fitosanitario. Esto para lograr clasificación a las pencas y dar facilidad a la etapa de desfibrado, además de lograr un mejor rendimiento de obtención de la fibra.



**Ilustración 6** Selección y clasificación de pencas de fique

**Fuente:** Este estudio.

Generalmente se realizan arrumes de las pencas en unos tendidos plásticos en terrenos con inclinación, en donde se separan en dos o tres arrumes con nombradas anteriormente; siendo este último estado a considerar para el productor para aprovechamiento realizando unos cortes a la punta de la penca generalmente, donde suele verse afectado por los fenómenos climáticos o por una demora en el corte de la penca y para dar solución en estos casos se suele retirar la parte afectada y ser desfibrado seguidamente; así como también admitir en el proceso algunas de las pencas afectadas y procesadas normalmente, considerando su posibilidad de retirar esta parte en el procesamiento o en las posteriores etapas de beneficio.

**Desfibrado:** Las hojas recolectadas son llevadas a la máquina desfibradora, en donde se hace un raspado mecánico de la hoja de fique para obtener su fibra, con la separación de bagazo,

fibras cortas y jugo(Herrera & Morales, 2008). Generalmente se realiza en los sectores donde se realizó la anterior etapa, pero hay casos en los que se transportan las pencas en las carretillas móviles, a la zona de la máquina desfibadora; esto porque en algunos casos el acceso a la maquinaria es en otras zonas o la disposición de la misma es por préstamo o arrendo, y en otros tantos se realizan arrumes de otros productores, en donde a medida que se desarrolla el desfibrado se separan.

Herrera & Morales, (2008) mencionan que para la etapa de desfibrado, el uso de la maquinaria generalmente utilizada desde tiempos atrás es de difícil acceso, y aquellas existen pueden ser de propiedad del agricultor, por alquiler a parientes y/o amigos con un acuerdo mutuo de beneficios de la venta del fique entre ambos, en otra posible situación el agricultor aporta los insumos para el funcionamiento de la maquina (gasolina y aceite), o acuerdan un pago por arroba de fibra seca total entre el desfibrador y el agricultor.

En esta etapa un operario alimentara las pencas, para el uso de esta maquinaria para desfibrar, es importante que el personal tenga experiencia y fuerza para ejercer dicho papel, para su capacitación en la mayoría de casos es recibida de generación en generación; además de ser una labor peligrosa, por ser una actividad sin protección, en donde en algunos casos se usan guantes y cubren su rostro, además de ser protegidos únicamente por una adaptación que cubre las cuchillas y así disminuir la posibilidad de corte en la entrada con las manos del manipulador, así mismo su recursividad para poder solventar el déficit del proceso en consecuencia a las averías por falta de graduación, o deterioro, y del sector donde se realiza este procesamiento que por tener inclinación también genera una dificultad que ocasiona posibles riesgos del operario.

En esta actividad, a medida que son desfibradas las pencas van siendo arrojadas en un tendido plástico donde otro operario va organizando extendiéndola para llevar a las posteriores etapas.



**Ilustración 7** Desfibrado de la penca de fique

**Fuente:** Este estudio.

Esta fase es la considerada de alto impacto ambiental, en donde los esfuerzos investigativos se centran en darle una vuelta a los efectos de deterioro resultado del procesamiento de las pencas de fique, proceso necesario para obtener por separado la fibra y una mezcla de jugo, bagazo con fibras cortas. Buenaventura, (2013), afirma que actualmente para la extracción de la fibra existen máquinas desfibradoras portátiles que generan una producción de 120 kilos diarios por jornada, rendimiento muy superior al de los sistemas primitivos, pero inferior a los sistemas industriales que pueden desfibrar 200.000 hojas diarias, contra 2.500 a 4.000 hojas que pueden raspar los aparatos utilizados en el desfibrado.

En consecuencia este avance tecnológico, permitiría dar nuevos aires al sector fiquero, dando viabilidad a un proceso formalizado de obtención de la fibra, de un modo más adecuado y con la reducción de accidentes en el jornal dedicado a dicha labor, así como la posibilidad de desfibrar mayor cantidad de pencas y reducir sus jornadas de trabajo.

MADR, (2017) menciona que el proceso tradicional de beneficio del fique, para obtener la fibra, utiliza máquinas que presentan serios problemas de seguridad industrial y dificultan el aprovechamiento de los subproductos jugo y bagazo, en convenio con la Universidad Jorge

Tadeo Lozano, se inició la construcción de los componentes eléctrico, hidráulico y de automatización de una novedosa máquina prototipo (diseñada y construida en su parte mecánica en 2015) que permite la separación de fibra, bagazo y jugo de la hoja de fique y facilita el uso integral de la hoja de forma segura; siendo esta máquina proyectada para ser utilizada en centros de beneficio y así mismo facilitar el trabajo al fiquero y protegerlo de los riesgos que esta actividad conlleva. Según Buenaventura, (2013), las fibras duras como las del fique, henequén y sisal se obtienen a través de medios mecánicos, utilizando instrumentos de desfibrado y gran inversión de trabajo, lo que explica por qué es mayor el costo comparativo de las fibras duras, que otras fibras denominadas blandas como el yute.

**Fermentación o lavado de fibras:** Las fibras obtenidas del desfibrado se llevan a los tanques de fermentación por medio de carretillas móviles. Estos tanques estarán provistos de caballetes para la eliminación del exceso de agua de la fibra cuando el proceso termine.



**Ilustración 8** Fermentación o lavado de fibras de fique

**Fuente:** Este estudio.

En este proceso actúan diferentes microorganismos como bacterias celulolíticas y levaduras nativas que utilizan las gomas, pectinas y residuos vegetales que hacen parte de la estructura de la penca, para su metabolismo modificando las propiedades adherentes de estos compuestos y facilitando así la posterior liberación de ripio en el sacudido.



En esta etapa se desea llegar a dar limpieza a la fibra con ayuda del agua, para lograr un fácil desprendimiento de los residuos vegetales (ripio) presentes; el productor en esta etapa desea la obtención de un producto blanquecino, otorgándole una característica de calidad en su comercialización. Para ello, el productor hace el arrume de las fibras realizando atados de 16 pencas, y que este cubierta de agua para un mejor accionar, el tiempo transcurrido en esta etapa puede ser entre 18 a 24 horas, debido a que muchos factores pueden afectar como: la cantidad de fibra llevada a la inmersión, lavados de la fibra con la acción de manipulación de los atados para acelerar dicho proceso; todo esto con el cuidado de permitir putrefacción o posible deterioro de la fibra.

**Ecurrido:** Pasado el tiempo de fermentación, se transfiere la fibra de tanque en un soporte de madera (caballete) que debe estar frente al tanque de fermentación, el objetivo de esta operación es eliminar el exceso de agua para facilitar el transporte de la fibra al secadero aéreo.



**Ilustración 9** Ecurrido de la fibra de fique

**Fuente:** Este estudio.

Esto para facilitar la eliminación del exceso de agua, disminuir su peso y reducir el espacio en el secado, permitiendo que las fibras sean extendidas y eliminar la mayor cantidad posible de ripio; además dar una calidad fina a la fibra, evitando la aparición de enredos que conllevarían a

la disminución del rendimiento de la fibra y en consecuencia, baja remuneración económica por el maltrato que la fibra puede sufrir en el proceso.

**Secado:** la fibra es transportada con la ayuda de una carretilla generalmente, se sacude para liberar el contenido de ripio, y se extiende en secaderos aéreos de alambre, con el fin de lograr un secado uniforme con ayuda de la exposición del sol y al viento hasta alcanzar una humedad óptima de comercialización de 12% (NTC 992).

Esto requiere una variación de tiempo hasta conseguir el secado ideal, para ello debido a las posibles lluvias la fibra es recogida y llevada a refugios improvisados con ayuda de caballetes de madera y cubierta de plástico, de esta forma el producto tenga suficiente aireación para evitar procesos de putrefacción a causa de la humedad que falta retirar.



**Ilustración 10** Secado de fibra de fique

**Fuente:** Este estudio.



**Ilustración 11** Formación de atados y bultos con fibra de fique

**Fuente:** Este estudio.

**Formación de atados y bultos:** La fibra seca, sacudida y sin enredos debe empacarse fría, para evitar que en el almacenamiento la fibra se humedezca debido a la condensación del agua presente en el medio ambiente, lo cual provocaría alteraciones físicas de la fibra por ataque de hongos y bacterias. Para formar los bultos se hacen atados de aproximadamente de 2 kilos de fibra y con 25 estos atados se forma el bulto de 50 kg para su posterior comercialización.

#### ***5.2.2.1 Transporte sector de producción figuero hasta centro de acopio***

Para los productores figueros en los diferentes sectores productivos en Nariño, así como en la cadena en general, se identifica una falta de maquinaria tecnificada por tener aún una modalidad artesanal debido a que está establecida desde un modo asociativo y en general de sectores productivos de manejo familiar y una disposición baja de recursos, teniendo en cuenta ello, para transportar se tiene en cuenta lo siguiente:

**Selección y Clasificación:** Esto para generar una identificación de hojas similares y de acuerdo a las características técnicas mencionadas en la Cuadro 14, facilitar la comercialización de la fibra en los centros de acopio de esta,



Amarre: esto para identificar los tipos de fibra que se posee, facilitar su transporte y venta; de acuerdo a ello se mencionan:

- Amarre de escoba: es más valorada por el centro de acopio, dado que es de mayor cuidado por el productor y mayor facilidad en el proceso de manipulación, esta permite cargas de mejor transporte, así como lograr apilar mayor volumen y mayor peso en cada bulto, lo cual genera una mayor facilidad de distribución de espacio, generalmente utilizada para los sectores de fácil acceso para conseguir transporte de la carta, así como aquellos productores que cuidan de forma más minuciosa la producción.

Es importante tener en cuenta que los puntos de producción de los diferentes municipios, en su mayoría son de productores individuales y por tanto sus hectáreas cultivadas son de producción propia en su mayoría, y la ubicación tiene variaciones; De acuerdo a ello se hace necesario el uso de transporte, así.

- Transporte Preliminar Animal: animal inicial generalmente, se realiza a caballo dependiendo de la fuerza del caballo y las distancias ellos determinan la carga del animal, hasta un lugar de recepción ya determinado para ser trasladado hacia el centro de acopio.
- Transporte Vehicular: Se recepciona la carga de fibra de fique, teniendo en cuenta el municipio, la lejanía hacia el centro de acopio y el pesaje de la producción obtenida; se busca un medio de transporte que en general es a partir de camión, chiva o piagio, en donde según sea el caso se adopta las condiciones de cuidado para la calidad del producto, permitiendo la llegada de la carga en estado óptimo.

De acuerdo a lo descrito en el proceso de beneficio, dada la importancia de establecer la materia prima resultante de dicho proceso, se utiliza un balance de materia que nos puede

permitir la obtención de un rendimiento. Para el beneficio del fique, la planta es sometida a diferentes actividades de procesamiento, para la obtención de la fibra.

Durante la investigación de campo en Casabuy, se observaron las operaciones preliminares y su proceso de beneficio y la generación de residuos agroindustriales; donde se obtuvo unos valores que se muestran a continuación, en el balance de materia, se usó una base de cálculo de 20 Kg.

5.2.3 Residuos agroindustriales del beneficio del fique

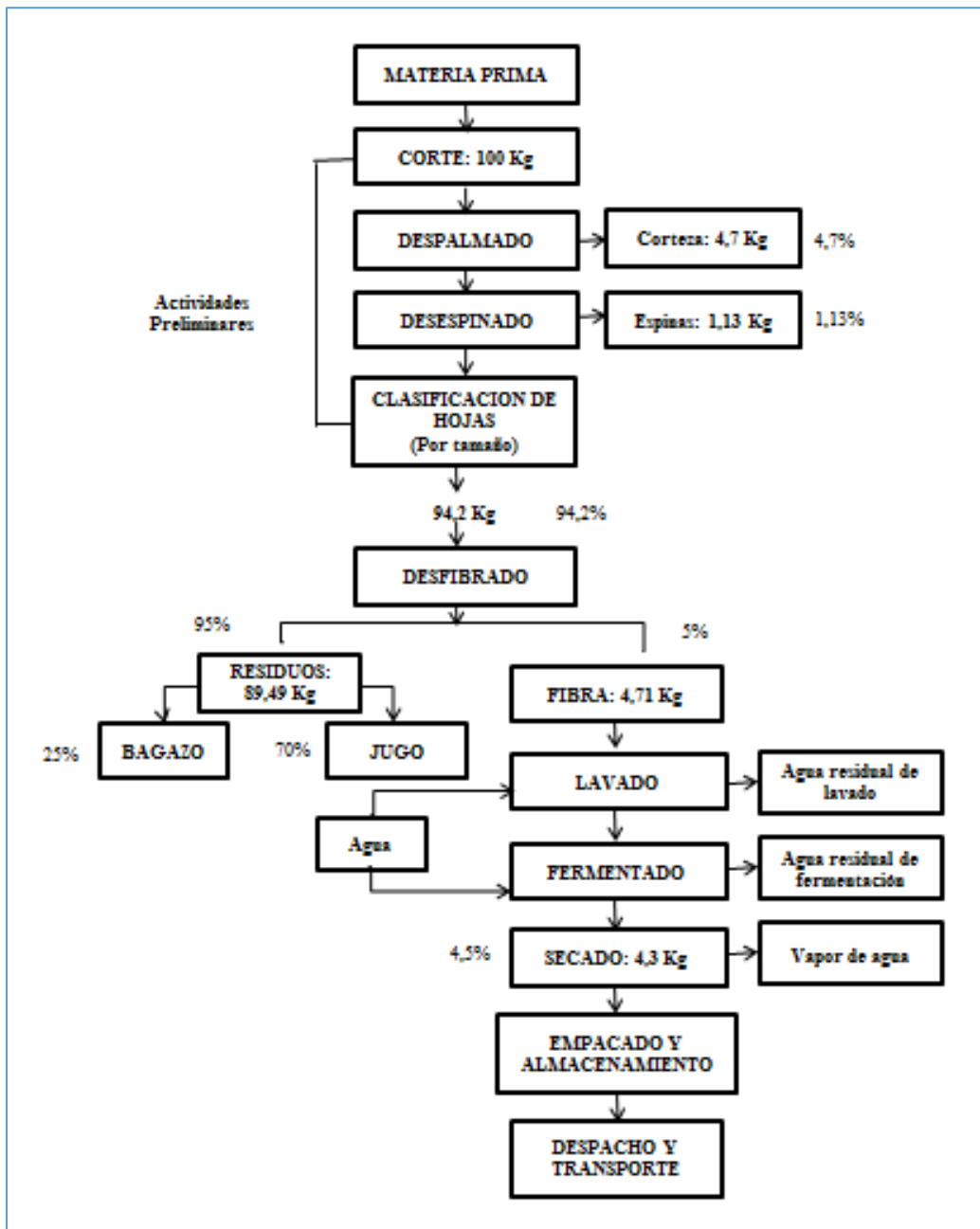


Diagrama 3 Beneficio de fique y sus residuos

Fuente: Este estudio.

### 5.2.3.1 Cuantificación de residuos agroindustriales del beneficio del fique

Para considerar las actividades desarrolladas en el beneficio del fique se tuvo en cuenta el procesamiento en los cultivos del corregimiento de Casabuy, Pinta Lopez, (2004) ubica en el extremo sur – occidental del municipio de Chachagüi, lo conforman las veredas de Casabuy, Robles y la Pradera, cuyos límites generales son los siguientes: **NORTE:** La confluencia entre el río Bermúdez y el Río Pasto, constituye el punto límite de este corregimiento a una altura de 1.450 m.s.n.m. y que lo separa del municipio de la Florida. **ORIENTE:** El Río Bermúdez es el límite oriental de este corregimiento y lo divide del corregimiento de Hato Viejo desde la cota 1.450 hasta la cota 2.000 y de ésta la cota 2.500 lo separa del municipio de Pasto. **SUR:** La quebrada San Juan constituye su límite, separándolo del municipio de Pasto en la cota 2.600. **OCCIDENTE:** Está dividido del municipio de Pasto, entre cotas 1.600 – 2.600 por el río Pasto y de la cota 1.400 a la 1.600, del municipio de la Florida por el mismo río Pasto.

Para realizar el cálculo teórico de los valores mencionados en literatura se desarrolla con la ayuda de las siguientes ecuaciones:

Siendo:

D= Material a desfibrar.

f= Fibra de fique.

r= Residuos agroindustriales.

B= Bagazo

j= jugo

Del balance general:

$$\text{Ecuación 1: } D = f + r$$

Del balance por componentes fibra:

$$\text{Ecuación 2: } D(0,05) = f(1) + r(0)$$

$$D(0,05) = f$$

Se realiza el mismo procedimiento, teniendo en cuenta los valores de literatura (W. Lozano, 2011), para los residuos

$$\text{Ecuación 3: } r = 0,95D$$

Dónde:

$$\text{Ecuación 4: } B = 0,25D$$

Se relacionan c y d, despejando D:

$$r/(0,05) = B/(0,25)$$

Despejando B:

$$B = 0,263r$$

Para identificar la cantidad de residuos, según valores de literatura obtenemos para el jugo:

$$j = 0,70D$$

Despejando j igualando con la ecuación c, se obtiene:

$$j = 0,737r$$

Para la identificación de la fibra seca, se tiene en cuenta los requerimientos de calidad, que indican una humedad de 12% según la NTC 992, para la fibra en bruto para ser comercializada a los centros de acopio, se tiene en cuenta la cantidad de fibra obtenida en el desfibrado, la cual en su valor final debe presentar la humedad indicada por la NTC, así:

$$S = 0,045D$$

Relacionando con la ecuación obtenida b y  $S/0.045=D$ :

$$S/(0,45) = f/(0,05)$$

Despejo S:

$$S = 0,9f$$

A través de los datos obtenidos en el balance anteriormente mencionado, se da la posibilidad de realizar los cálculos teóricos, donde para el actual estudio se obtuvo valores de acuerdo a una base de cálculo de 100Kg, obteniendo 89,49 Kg de residuos, resaltando la gran cantidad de materia orgánica que es considerada desecho dirigido al medio ambiente sin tratamiento previo o aprovechamiento, además (Cadefique, 2006), menciona que en la obtención del jugo de fique extraído, el contenido de jugo extraído corresponde al 50%; es de considerar que el equipo utilizado afecta en gran proporción como se mencionó anteriormente.

#### **5.2.4 Caracterización fisicoquímica y composicional de los residuos del fique.**

La actividad agrícola de la mayoría de los países suramericanos, genera en muchos casos numerosos residuos, lo que conlleva un gran impacto ambiental y una preocupación sobre el adecuado manejo de los mismos. La posibilidad de su uso en la industria permitiría una disminución en estos impactos, dando valor añadido a los cultivadores y ofrecería alternativas a los transformadores de la industria (Ochoa, 2009). En este sentido, según S. Sánchez, Marín, Mora, & Yepes, (2012), del bagazo también se puede obtener papel, fibra reforzada y aglomerados para diferentes usos, y del jugo se podrían extraer saponinas (hecogenina y tigogenina) de utilidad en las industrias farmacéutica y cosmética, sin embargo, en la gran mayoría de explotaciones dichos materiales no son aprovechados y por el contrario, establecen fuentes importantes de contaminación de aguas y suelos.

Según Saval, (2012), en el proceso de beneficio del fique, la fibra, principal producto desde tiempos atrás, ha sido responsable de un alto impacto ambiental y al buscar una oportunidad de aprovechamiento de los residuos, se hace necesaria su caracterización para conocer su

composición, la calidad de sus componentes y la cantidad que se genera, con esto se pueden definir las tecnologías más apropiadas para su aprovechamiento y posterior tratamiento; respecto a esto último, es de esperar que después del aprovechamiento de un residuo se genere un siguiente residuo más agotado que podría tener otra aplicación, o bien, convertirse en un desecho. En la búsqueda de oportunidades de aprovechamiento de residuos este aspecto deberá ser considerado, con un enfoque de responsabilidad ambiental, desde hace varias décadas los residuos agroindustriales han sido un foco de atención para varios investigadores a nivel mundial, debido a que parte de sus constituyentes pueden ser materia prima para generar diversos productos de interés, esta situación sigue prevaleciendo en la actualidad y se prevé que continuará en el futuro (Saval, 2012).

Tras evidenciar las etapas necesarias para la obtención de la fibra de fique, en la etapa de desfibrado, se quita la corteza verde de la hoja y permite la obtención tanto de su fibra como de sus subproductos (Perry, 2012), se obtiene el extracto de la hoja que es una suspensión de características variables, dependientes de la edad de la planta, la estación del año y las características del suelo (W. Lozano, 2012). Tanto las características físicas como composición química varían según la planta y el cultivo (Martínez, 2000); además de ser crucial un adecuado control, ya que es donde se generan los volúmenes de residuos al medio ambiente, donde los subproductos van a parar a los cauces de aguas, como son el bagazo y los jugos que se desperdician y son agentes contaminantes al contacto con el agua, se producen unas reacciones químicas que hacen desoxigenar la fuente hídrica.

El aprovechamiento de la planta es limitado, siendo aproximadamente el 5% de la hoja utilizado para la producción de fibra y el 95 % restante es desechado, conllevando a una baja competitividad por el alto consumo de fibras sintéticas provenientes de combustibles fósiles,

generando problemas ambientales por los efluentes resultantes del desfibrado: bagazo y extracto sobrante, los cuales son vertidos hacia las fuentes hídricas (Guerra & Nogueiras, 2008). También es de resaltar que la transformación del fique demanda grandes volúmenes de agua, especialmente en el desfibrado y el lavado de fibra, donde se genera el “Licor Verde” que contiene celulosa y otros compuestos que son vertidos directamente a quebradas y/o fuentes de agua con la consiguiente contaminación e impacto de la fauna acuática (Romero, 2000).

Teniendo en cuenta el deterioro al medio ambiente, para revivir este cultivo autóctono es importante estudiar e investigar los subproductos del proceso y su opción ecológica, para la recuperación de los suelos (Martínez, 2000), con el conocimiento de su potencial, la identificación de sus residuos y posibles usos, se contribuye a generar conciencia y contrarrestar las acciones de la gran mayoría de agricultores, los cuales desechan o aplican los residuos directamente a sus plantaciones, sin introducirlos a un nivel de procesamiento que conlleve un mejoramiento de sus características en forma de insumos orgánicos agrícolas o materias primas para nuevos productos comerciales; todo esto para que los residuos dejen de ser un desperdicio contaminante y pasen a ser una materia prima con valor económico que contribuye al mejoramiento de la situación socioeconómica de los productores (Narvaez, 2013).

**Cuadro 21**

*Estructura física de la hoja del fique*

Componente	Porcentaje en la hoja	Porcentaje útil	Usos
<b>Fibra</b>	5	4	En la Industria textil, empaques
<b>Jugo</b>	70	40	Extracción de esteroides
<b>Estopa</b>	8	3	Pulpa de papel
<b>Bagazo</b>	17	10	Material de construcción, abonos

**Fuente:** (Arroyave & Velasquez, 2000)

En la Cuadro 21 el aprovechamiento de la hoja de fique según su estructura, permite la identificación de los posibles usos de sus componentes, donde se reconoce en mayor proporción



el aprovechamiento de la fibra, revelando el bajo aprovechamiento de uso de la hoja, seguido de los subproductos principales jugo, bagazo y estopa; los cuales hacen parte de la mayoría de la composición de la hoja.

Según Moreno & Ospina, (2008) esta planta produce fibras largas, duras y resistentes, jugos con propiedades químicas naturales ideales para la industria farmacéutica, bagazos aptos para el sector de la construcción entre otros y la estopa materia prima para producir pulpa de papel (FAO, 2009)

Según Moreno & Ospina, (2008), los componentes físicos, químicos y mineralógicos (Cuadros 22, 23, 24) se conocen en forma cuantitativa, siendo agua, celulosa, materia orgánica y minerales, con los siguientes valores porcentuales:

- 85% humedad.
- 6% celulosa (D-glucosa)
- 8% parte orgánica y amorfa (Con sacarosa, proteínas, nitrógeno, fosforo, calcio, potasio, saponinas y sapogeninas)
- 1% minerales

De acuerdo a esto, se hace necesaria la identificación en su composición para dar claridad a los aspectos útiles para el aprovechamiento y permitir la identificación, en donde diferentes investigadores han reportado la posibilidad de obtener una variada gama de subproductos a partir de los residuos de la obtención de fibras de fique (Prieto, 2015). Cabe resaltar su efecto en los suelos áridos que puede permitir una recuperación, teniendo en cuenta que el fique es una planta rehabilitadora de suelos pobres y erosionados, su sistema radicular es rico en nitrógeno y sus raíces proporcionan materia orgánica, a medida que se acumulan y descomponen las muestras (FAO, 2009).

**Cuadro 22**

*Composición química de la hoja de fique*

<b>Fibra</b>		<b>Jugo</b>	<b>Bagazo</b>	
<b>Cenizas</b>	0,7%	<b>Clorofila</b>	<b>Cenizas</b>	12,2%
<b>Celulosa</b>	73,8%	<b>Carotenoides</b>	<b>E.E.</b>	3,64%
<b>Resinas, ceras y grasas</b>	1,9%	<b>Saponinas</b>	<b>Proteína</b>	9,84%
		<b>Azucares</b>	<b>Elementos Nitrogenados</b>	71,29%
<b>Lignina</b>	11,3%	<b>Resinas</b>	<b>Calcio</b>	21,65%
<b>Pentosanos</b>	10,5%	<b>Flavonoides</b>	<b>Fosforo</b>	0,09%
		<b>Ácidos orgánicos</b>	<b>Magnesio</b>	0,2%
<b>TOTAL</b>	98,2%	<b>Alquitranes</b>	<b>Fosforo</b>	1,81%
		<b>Agua</b>	<b>Sodio</b>	0,04%
		<b>Lignina</b>	<b>Cobre</b>	14 ppm
		<b>Calcio</b>	<b>Hierro</b>	647
		<b>Lipoides</b>	<b>Manganeso</b>	ppm
		<b>Fosforo</b>	<b>Zinc</b>	33 ppm
				17 ppm

**Fuente:** (Arroyave & Velasquez, 2000)

La composición de la hoja de fique, como se indica en la Cuadro 22, según (W. Lozano, 2015), las saponinas, principal agente activo en el zumo de esta planta, son glucósidos anfifílicos que actúan como agentes surfactantes y tensoactivos, se hace uso de estas propiedades con el fin de remover contaminantes hídricos mediante la actuación de los grupos hidrófilo e hidrófobo, los cuales estaría en la capacidad de formar micelas que encapsulen estos compuestos. Adicionalmente, se ha comprobado que las saponinas pueden ser usadas como agente secuestrante de compuestos amoniacales en el interior del tracto intestinal de los animales. Así mismo la celulosa y hemicelulosa presentes en la fibra de estas plantas presentan cualidades deseables como quelantes de origen biológico para la purificación de aguas residuales contaminadas con metales pesados, además de sus conocidos efectos como fibra insoluble en la dieta del hombre y animales (Guevara & Vallejo, 2014).

Lozano, (2015) menciona, que las saponinas presentes en el zumo del fique, son glucósidos anfifílicos que se encuentran naturalmente en diversos vegetales y con diferentes estructuras

químicas, las cuales tienen la capacidad de producir espumas. Estos compuestos están conformados por dos porciones: gluconas y agluconas. Las gluconas son azúcares, en su mayoría hexosas, pentosas y ácidos urónicos, mientras que las agluconas son conocidas como sapogeninas y corresponden a la porción no sacárida (azucarada) de la saponina, también son reconocidas algunas propiedades, como la de actuar como agente espumante (surfactante) que, disuelto en el agua, tiene la capacidad de reducir su tensión superficial y de actuar como disgregante de las grasas y aceites.

La fibra extraída apenas constituye de aproximadamente un 5% máximo del peso total de la hoja, cada filamento está constituido por fibrillas elementales soldadas entre sí por una goma (lignina), se sobreponen para formar filamentos multicelulares a lo largo de la hoja y son éstos los que conforman la fibra de fique (Martínez, 2000). Según (Salazar, 2015), estas constituyen la estructura principal de las paredes celulares del tejido vegetal y está compuesta por celulosa, y algunas impurezas como ligninas y pigmentos, el componente principal del fique es la celulosa y en los componentes orgánicos se puede resaltar altos contenidos de azúcares.

**Cuadro 23**

*Propiedades químicas del fique*

<b>Elementos</b>	<b>Hojas</b>	<b>Fibras</b>
<b>Nitrógeno</b>	1,32%	0,22
<b>Fosforo</b>	0,49%	0,04
<b>Potasio</b>	7,56%	0,26
<b>Calcio</b>	3,58%	0,96
<b>Magnesio</b>	0,72%	0,10
<b>Sodio</b>	0,40%	0,55
<b>Hierro</b>	52,20 ppm	31,60
<b>Cobre</b>	8,10 ppm	1,40
<b>Manganeso</b>	45,60 ppm	9,40
<b>Zinc</b>	35,00 ppm	16,90
<b>Boro</b>	14,50 ppm	1,80
<b>Cobalto</b>	Trazas	Trazas
<b>Cloro</b>	Trazas	Trazas

**Fuente:** (Santamaria, 2013)

**Cuadro 24**

*Resultado de análisis fisicoquímico al extracto de fique*

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado*</b>
<b>Ph</b>	Potenciómetro	4,77 Unidades
<b>Conductividad</b>	Electrométrico	5,800 $\mu$ S/cm
<b>SST</b>	Gravimétrico	30,800 mg/L
<b>DQO</b>	Oxidación ácido Cromosulfurico	75,850 mg/L
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Incubación – electrométrico	47,640 mg/L
<b>Nitritos</b>	Reacción de Griess	0,75 mg/L
<b>Nitratos</b>	Ácido clorhídrico	14,6 mg/L N
<b>Nitrógeno Amoniacal</b>	Azul Indofenol	3,53 mg7L NH <sub>4</sub> - N

**Fuente:** (Imbachí et al., 2012)

Ochoa,( 2009), menciona que los valores de la DQO son significativamente más altos que los de la DBO<sub>5</sub> indicando la presencia de compuestos no biodegradables, los cuales en fuentes hidricas persistirán corrientes abajo, causando efectos posiblemente perjudiciales, por la composición de saponinas y ácidos orgánicos; teniendo en cuenta la relación DQO/DBO indica la biodegradabilidad del vertido, donde dicha relación debe ser superior a 1, ya que la DQO involucra tanto el contenido de materia orgánica como de materia inorgánica, mientras que la DBO solamente involucra el contenido de materia orgánica. Cuando la concentración de DQO es bastante mayor, indica que el contenido del vertido es mayoritariamente inorgánico, adicionalmente a esto, valores bajos de pH pueden afectar el balance de la vida acuática.

Cabe resaltar el contenido de nitrógeno evidenciado también en las Cuadros 24 y 25, donde la cabuya tiene un sistema radical corto, pero muy rico en nitrógeno, de tal manera que el suelo

atravesado por estas raíces se enriquece en dicho elemento, a medida que se acumulan las raíces muertas, teniendo la capacidad de almacenar material orgánico y humedad que le dan características de protección a los suelos y así mismo la capacidad de contrarrestar los efectos de suelos áridos.

#### ***5.2.4.1 Fibra de fique***

El procesamiento de la planta de fique tiene como principal producto de interés la fibra extraída, siendo esta aproximadamente del 5% del peso total de la hoja; esta constituye la estructura principal de las paredes celulares del tejido vegetal y está compuesta por celulosa, y algunas impurezas como ligninas y pigmentos, para su conformación cada filamento posee fibrillas elementales soldadas entre sí por una goma llamada lignina, donde su organización parte de la sobre posición de las fibrillas desde los extremos formando filamentos multicelulares a lo largo de la hoja, constituyendo así la fibra de fique.

Para entrar a procesamiento, las grandes empresas tienen exigencias definidas para la obtención del producto deseable, para ello es vital tener en cuenta las características y clasificación de la fibra procesable, esto se puede evidenciar en la Cuadro 25.

Así mismo, para la aceptación de la fibra se tiene en cuenta como por ejemplo, la Norma Técnica Colombiana - NTC 992 expedida por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC, esta rige entre las fibras naturales particularmente la cabuya o fibra de fique, además de establecer los requisitos que deben cumplir estas fibras y los ensayos a los cuales se deben someter las mismas; incluyendo algunas definiciones, clasificación, requisitos de humedad y longitud, toma de muestras y recepción del producto, los ensayos, los aparatos de medición, cómo calcular la pulpa o ripio y cómo determinar la tenacidad a la rotura, el desfibrado, el peso de manojo, el color y cómo hacer el empaque y rotulado.

**Cuadro 25**

*Características y clasificación de fibras procesables.*

<b>TIPO DE CABUYA</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>
<b>FINA</b>	Bien desfibrado. Longitud mayor de 90 cm. Ripio bajo. Libre de nudos y amarras. Libre de enfermedades y plagas. Libre de enredos. Color variable.
<b>ORDINARIA</b>	Regular desfibrado. Longitud mayor de 90 cm. Libre de nudos, amarras y enredos. Color variable.
<b>CORTA</b>	Bueno o regular desfibrado. Longitud menor de 90 cm. Libre de nudos y amarras. Con posibilidad de enredos. Color variable.

**Fuente:** Cía. de Empaques S.A. et. al, 2004.

**5.2.4.2 Residuos agroindustriales: Bagazo y estopa**

En Colombia, la actividad fiquera genera aproximadamente 4 toneladas de residuos por hectárea sembrada, los cuales causan graves problemas de contaminación debido a su incorrecta disposición (Rivera et al., 2012).

El bagazo está conformado por un 30% de fibrillas y un 70% de pulpa vegetal. Las fibrillas, conocidas como estopa, pueden extraerse por tratamientos fisicoquímicos del residuo para ser utilizados en la fabricación de pulpa para papel, mientras que el producto restante, conocido como bagazo, se utiliza como fertilizante orgánico en los mismos cultivos.(Martínez Torres, 2000).

**Cuadro 26**
*Caracterización fisicoquímica del bagazo de fique*

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
<b>pH</b>		4	
<b>Sólidos totales (ST)</b>	Gravimétrico	195	gST kg <sup>-1</sup>
<b>Sólidos volátiles (SV)</b>	Gravimétrico	163	gST kg <sup>-1</sup>
<b>Demanda Química de Oxígeno (DQO)</b>	Volumétrico	1230	g O <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> ST
<b>Alcalinidad Total (AT)</b>	Titulación	3300	mgCaCO <sub>3</sub> /l
<b>Ácidos grasos volátiles totales (AGVT)</b>	Titulación	48,1	g AGV kg <sup>-1</sup> ST
<b>Proteínas</b>	Kjeldahl	43,8	g kg <sup>-1</sup> ST
<b>Lípidos</b>	Soxhlet	41,3	g kg <sup>-1</sup> ST
<b>Holocelulosa</b>	Van Soest	639,8	g kg <sup>-1</sup> ST
<b>Carbohidratos</b>	Van Soest	69,4	g kg <sup>-1</sup> ST
<b>Lignina</b>	Van Soest	157,6	g kg <sup>-1</sup> ST
<b>Carbono (C)</b>	Walkey Black	35,58	%p/p
<b>Hidrogeno (H)</b>	Análisis Elemental	6,02	%p/p
<b>Oxígeno (O)</b>	Análisis Elemental	47,44	%p/p
<b>Nitrógeno (N)</b>	Kjeldahl	1,32	%p/p
<b>Sulfuros</b>	Turbidimetría	0,006	%p/p
<b>Poder calorífico inferior (PCI)</b>	Colorimetría	3298	Kcal kg <sup>-1</sup>
<b>Formula empírica</b>	C <sub>33</sub> H <sub>67</sub> O <sub>33</sub> N <sub>1</sub>		

**Fuente:** (L. Castro et al., 2014)

En la Cuadro 26, se puede resaltar las características fisicoquímicas del bagazo de fique indican que este residuo posee una fracción soluble (carbohidratos no estructurados y ácidos grasos volátiles-AGV) y una fracción particulada (celulosa, hemicelulosa, proteínas y lípidos) que permite considerarlo como un residuo de tipo lignocelulósico (Sanchez, Marin, Mora, & Yepes, 2012).

La principal fracción polimérica del bagazo de fique y que se encuentra en mayor proporción es la celulosa; este polisacárido (carbohidrato no reductor) es insoluble en agua, insípido y posee un peso molecular altamente elevado. La celulosa está compuesta por unidades de D-glucosa unidas entre sí por enlaces glucosídicos  $\beta$ -1,4. Estructuralmente consta de una parte cristalina (organizada), y otra amorfa (L. Castro et al., 2014)

Según L. Castro et al., (2014) bagazo de fique posee un poder calórico inferior de 3298 kcal/kg, el cual es de un orden similar al de otras biomasas residuales, siendo esta una razón adicional para considerarlo como fuente alterna de energía. Por otra parte, es de resaltar que el bagazo de fique posee un bajo contenido de azufre y cenizas que aumenta la calidad energética de este residuo con respecto a los combustibles fósiles. La caracterización fisicoquímica del BF indica que este residuo posee características idóneas para aplicarle la tecnología de digestión anaerobia y obtener biogás, lo cual coincide con el creciente interés por la producción de metano a partir de residuos agroindustriales, con el propósito de disminuir el impacto ambiental y valorizar los residuos.

#### ***5.2.4.3 Residuos agroindustriales: Jugo***

El jugo de fique presenta un color verde ocre y es de olor fuerte, la densidad media es cercana a los 1.02 kg/L, con un pH variable entre 4 y 5. De forma cualitativa está conformado por: agua (85%), celulosa (6% D-glucosa), materia orgánica y amorfa (8% constituida por sacarosa,



proteínas, nitrógeno, fósforo, calcio, potasio, saponinas y sapogeninas) y minerales (1%) (Martinez, 2000).

En la Cuadro 27, el resultado de los análisis realizados por el grupo CIBIOT en la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín, mediante marcha fotoquímica, destaca la presencia de otras sustancias, entre las que se destacan los flavonoides y triterpenos.(Mejia, Mora, Salazar, Romo, & Luque, 2013); estos coinciden con los realizados por el Grupo de Investigación TEA, que determino la presencia de metabolitos secundarios tales como flavonoides, cumarinas, taninos, esteroides, glucósidos, cardiotónicos, alcaloides y saponinas, en jugo de fique fresco y fermentado de las variedades Uña de Águila y Negra Común provenientes de los municipios de El Tambo y Guaitarilla en Nariño (Bacca, 2012)

Se destaca que ambos estudios concuerdan en el contenido de saponinas, sustancias que han sido de amplio estudio por su diversa actividad biológica, entre los metabolitos secundarios más importantes de la familia de las Agaváceas se encuentran las saponinas, usualmente pocas son saponinas esteroidales tales como tigogenina, hecogenina, chlorogenina, y mannogenina se han reportado como constituyentes de estas plantas (Yokosuka & Mimaki, 2009); sin embargo, debido a la importancia que reviste y los diversos usos que estas sustancias tienen, se han hecho investigaciones concernientes a aislar nuevas saponinas y sapogeninas de estas plantas.

**Cuadro 27**

*Caracterización fisicoquímica del jugo de fique*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
<b>pH</b>	4,25	<b>Azúcares reductores (%w/w)</b>	0,81
<b>Viscosidad (cP)</b>	1,56	<b>Fructosa (g/L)</b>	7,30
<b>Densidad (g/mL)</b>	1,04	<b>Glucosa (g/L)</b>	11,22
<b>Sólidos totales (mg/L)</b>	66,38	<b>Sacarosa (g/L)</b>	0,24
<b>Sólidos Disueltos (mg/L)</b>	77,40	<b>Saponinas (g/Kg de jugo seco)</b>	4,48
<b>Sólidos sedimentables (mg/L/h)</b>	670	<b>Nitrógeno orgánico (%)</b>	0,35
<b>Cenizas (%)</b>	1,34	<b>Proteínas (%)</b>	2,20
<b>Humedad (%)</b>	91,05	<b>DQO (mg/L de O<sub>2</sub>)</b>	86,600
<b>Grasa total (%)</b>	0,86	<b>DBO (mg/L de O<sub>2</sub>)</b>	11,780

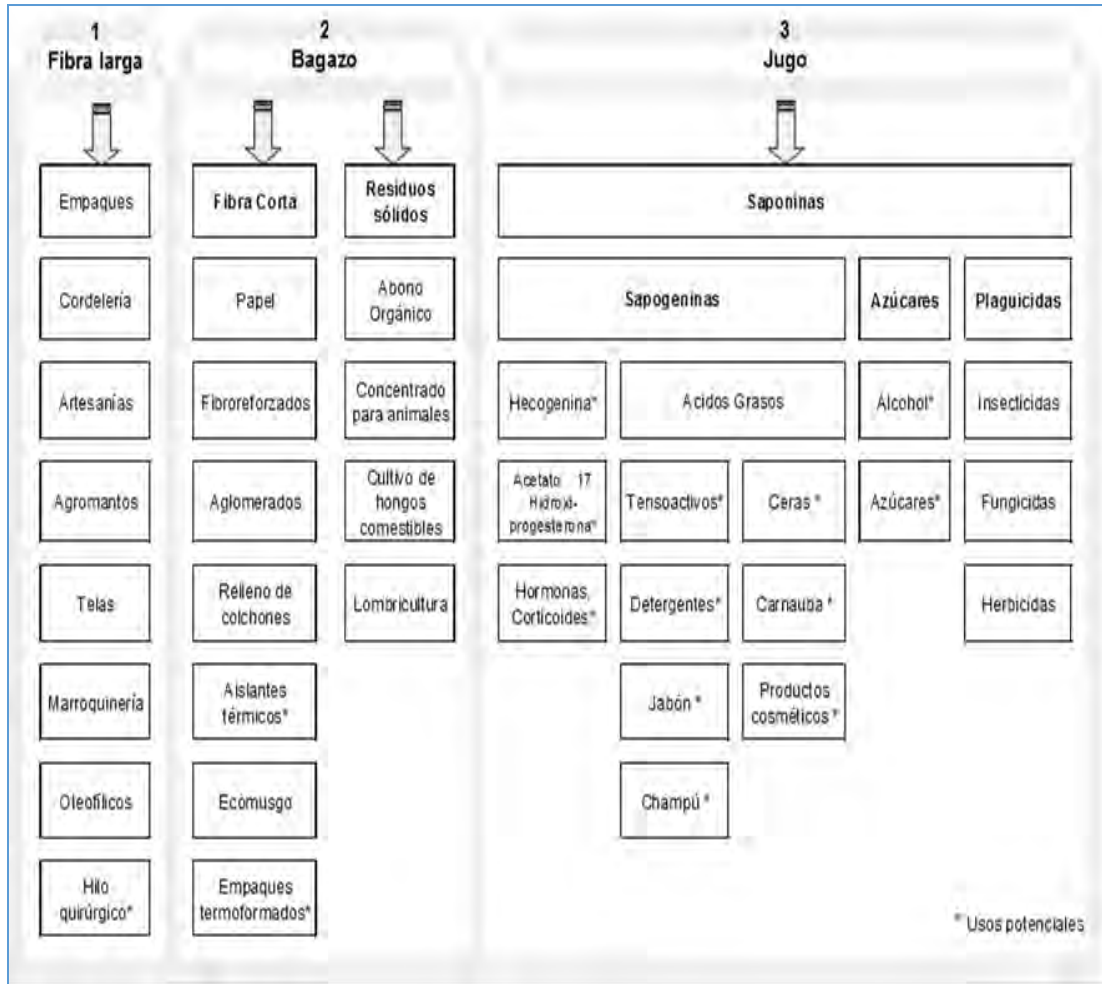
**Fuente:** (Mejia et al., 2013)

## **6. Métodos y técnicas de aprovechamiento del fique y sus residuos**

Para países como Colombia, donde la actividad agrícola tiene una participación importante en la economía nacional y al mismo tiempo genera grandes cantidades de desechos sólidos y líquidos, algunos con características recalcitrantes y contaminantes, la exploración de alternativas para realizar un manejo ambientalmente sostenible de dichos residuos agroindustriales es una prioridad (Sanchez et al., 2012).

La producción nacional se concentra principalmente en la producción de fibra, ésta apenas constituye aproximadamente un 5% máximo del peso total de la hoja. Además el cultivo de fique ha sufrido altibajos y deficiencia en la tecnificación, puesto que la garantía de compra de la fibra de cabuya, siempre ha estado limitada, por la preponderancia de los empaques sintéticos (Ortiz, 2016).

Teniendo en cuenta la situación actual del fique, las acciones de la Cadena Nacional están dirigidas al aprovechamiento integral de los subproductos del proceso de beneficio de la hoja: la fibra, el jugo y el bagazo (Casillo, 2015). De acuerdo a los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico desarrollados por las instituciones nacionales se han identificado los usos potenciales de esta fibra los cuales se muestran en la figura 2.



**Figura 1** Usos potenciales aplicados de la fibra, jugo y bagazo de fique.

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2004.

El uso de la planta de fique para la extracción de fibra, tiene una utilidad extensa en la industria; así mismo, sus residuos poseen potencial de aprovechamiento en diversos campos de investigación y ser utilizados como materias primas, donde su uso depende del tipo de presentación, es decir, como fibra larga, bagazo y jugo. Como se observa en la figura 1, el uso de la planta de fique según su presentación, abarca un amplio sector de mercado para su aprovechamiento industrial, siendo la fibra larga destinada a empaques, cordelería, agromantos, telas, marroquinerías; en lo que respecta al bagazo, sus productos finales son: papel, aglomerado,

felpas; y en su estado de jugo, se dispone de productos como jabones, insecticidas, herbicidas (Aktiva, 2013)

Siendo la reutilización de residuos provenientes del beneficio del fique, la mejor opción para disminuir la contaminación ambiental ocasionada por los subproductos generados en el beneficio de la fibra de fique; para ello es necesario tratarlos mediante procesos de estabilización de tipo físico, químico y/o biológico, para la obtención de compuestos de interés industrial (Escalante, Castro, Quintero, Ortiz, & Guzman, 2009)

De ese modo los esfuerzos de investigación en el aprovechamiento de los residuos de fique han permitido continuos avances, esto para dar acceso a mejores ingresos a los actores de la cadena, en consecuencia a la demanda actual de mercado y el desplazamiento del uso de fibras sintéticas; permitiendo que la planta de fique entre en una comercialización potencial en los mercados nacionales e internacionales, donde el cultivo de fique más allá de los empaques, tiene una serie de derivados, generando materias primas para la elaboración abonos, productos de aseo, extracción de compuestos químicos de interés, y otros productos que se ubican en importancia para el público consumidor, (Ortiz, 2016). Así mismo, en Colombia en las últimas décadas se ha direccionado la investigación biotecnológica hacia la búsqueda de fuentes alternativas de energía, con el fin de mitigar el efecto contaminante del uso de combustibles fósiles, la selección de una biomasa como fuente alterna de energía, depende de la oferta del residuo y de sus características fisicoquímicas; las cuales permiten seleccionar la tecnología más idónea para su aprovechamiento (L. Castro et al., 2014)

## 6.1 Aprovechamiento de la planta

La planta de fique tiene aportes importantes en diferentes sectores de aplicación, en donde prevalece su amplio impacto en el medio ambiente con su aprovechamiento, empezando con la siembra de la planta y sus propiedades de recuperación de suelos, el uso de la fibra y su aprovechamiento en la elaboración de productos amigables al medio ambiente por sus características biodegradables, y las potencialidades encontradas con la elaboración de productos con los subproductos del beneficio de fique: Bagazo y jugo.

### 6.1.1 Artesanías

El uso de la fibra inicialmente se orientó a las artesanías, donde comercialmente (Tinjacá et al., 2012) mencionan las condiciones para iniciar con el proceso se tiene que la fibra:

- Como mínimo su longitud debe ser de dos metros.
- Libre de enredos y protuberancias.
- Desprovista de polvo o ripio.
- Con una humedad relativa máxima de 14%.
- Muestre un color crema o ligeramente amarillo.

A esto se añade el procesamiento de la fibra de acuerdo a los requerimientos del producto a fabricar, que generalmente abarca las siguientes actividades:

**Escarmenado:** proceso realizado por los productores, el cual consiste en pasar la fibra por una superficie con puntas largas y filudas haciendo las veces de un peinado; esto con el objetivo de desenredar la fibra y darle suavidad con la aplicación de grasas vegetales.

**Tinturado:** Lo realizan en ollas con una mezcla de tintes no contaminantes, agua, sal y fijadores, los cuales se ponen a hervir con la ayuda de estufas; a continuación se deposita la fibra y se deja hervir durante 5 horas esperando que se adhiera bien la tinta, y una vez finalizado el

proceso se hace un nuevo lavado. La fibra se seca al sol y nuevamente pasa por un proceso de escarmenado.

**Hilado:** Para la realización de los tejidos primero se debe llevar a cabo un proceso de hilado, el cual consiste en unir las fibras con la ayuda de una máquina y las yemas de los dedos de tal forma que se forme el hilo. (Tinjacá et al., 2012) mencionan, el ovillo de fibra de fique, como uno de los productos de mayor uso, siendo necesario un tratamiento a la fibra para su obtención; convirtiendo la fibra en un hilo de un calibre determinado, retorciendo varios hilos para lograr el calibre definitivo, y finalmente enconarlo (en forma de conos o en forma de ovillos) para la presentación que se requiera, en este proceso de hilado se matiza el fique y se combinan colores de los hilos, como resultado de este proceso se tendrá el hilo listo para ser trabajado en los telares.

**Tejeduría:** consiste en alternar hilos de forma vertical u horizontal para obtener una pieza de tejido, existen diversos tipos de telares dependiendo del producto final a elaborar, siendo posible la elaboración con agujas o solo con las manos.

**Engomado:** Esta etapa es realizada en los casos de elaboración de prendas de vestir como zapatos o sombreros, así como también dar una mayor consistencia al telar y consiste en pasar la tela al calor a través de una máquina (calandra) impregnada de PVH (pegante), ayudando también a planchar la tela.

En la Cuadro 28, se mencionan algunos productos elaborados con fibra de fique, donde el sistema de producción actual que utiliza la fibra, opera de una forma artesanal, conservando el valor agregado de los artículos hechos a mano, pero incapacitando en parte el acceso a nuevos mercados, de una manera más efectiva (Franco, 2014). siendo esta una actividad de procesamiento artesanal, generalmente por aplicado artesanos que exhiben la habilidad y

destreza de sus manos para realizar distintas facetas del trabajo con fibra de fique, además de un conocimiento transmitido de generación en generación (Justo & Vidal, 2011); dejando un legado a través de sus diseños , para los mercados a nivel nacional e internacional, aumentando así la demanda y la posibilidad de expandir la creación a diferentes productos que abarquen mayor versatilidad para el consumidor actual.

**Cuadro 28**

*Productos artesanales de fibra de fique*

Producto	Diseño	Análisis	
		Factores formales	Factores funcionales
<b>Hilo</b>	Conos de hilo de fique.	Diferentes calibres: Intermedio y grueso	Presenta buena resistencia, uniformidad en el espesor y pequeñas fibras que desordenan el hilo.
	Bolsas con mota de diferentes longitudes.	De un solo calibre en dimensión variada.	Se utiliza para realizar tela y productos en miniatura.
<b>Tela de mota de fique</b>	Se realizan de 1m x 50cm por medio de costuras que se le hacen con hilo en la máquina de coser	Son piezas cuadradas o rectangulares, con bordes sin acabados y permitiéndose utilizar por ambas caras	Se utiliza como tela para la elaboración de bolsos, plantillas, apliques a elementos decorativos y accesorios.
<b>Bolsos</b>	Se realizan con tela de mota o se tejen con hilo de fique; la técnica más utilizada es el croché con las puntadas básicas o de muestras de revistas.	Son rectangulares, circulares y ovalados, de un solo color o presentan diseños geométricos	Son para ocasiones múltiples por la diversidad de tamaños; no hay un estándar, son atemporales y para cualquier edad.
<b>Accesorios</b>	Se trabajan con las diferentes materias primas y tamaños variados.	Se clasifican en collares, manillas, llaveros, correas. Las técnicas varían según el insumo: macramé, croché, malla, aguja, maquina plana para la mota. Se presenta exploración formal.	Se utiliza toda la gama cromática; mezcla de colores simultáneos y cumplen con el uso en la interacción con el usuario
<b>Decoración</b>	Se presentan canastas, portacalientes, guantes, cuadros en tela de mota, carpetas, canastas y suvenires.	Apropian las formas estándar para los productos, manejo de diferentes calibres del hilo y unión de fibras para la realización de los diferentes productos.	Son diseños para ambientar un espacio, la gama cromática es reducida
<b>Calzado</b>	Se aplican en plantillas, sandalias y alpargatas. Uno de los insumos principales son las suelas plásticas	Su forma es básica, con aplicación de pedrería en los bordes, ribetes o combinación de colores	Uso informal, femenino, con recubrimiento para que el fique no tenga contacto directo con la piel.

**Fuente:** (Tinjacá et al., 2012)



### **6.1.1.1 Suelos**

El fique es una planta protectora del suelo y rehabilitadora de las tierras, tiene un sistema radical corto, pero muy rico en nitrógeno, de tal manera que el suelo atravesado por estas raíces se enriquece en dicho elemento, a medida que se acumulan las raíces muertas (Herrera & Morales, 2008).

Según Forestal et al., (2012), el fique es una planta de interés desde su siembra, donde su participación permite controlar la erosión en casos como área de alta fragilidad ecológica con pendiente muy fuerte, suelo descubierto, incendios recurrentes, entrada periódica del ganado y riesgo de deslizamientos sobre el río, cobertura rala de gramíneas y hierbas, regeneración natural de arbustos; esto gracias al donde el material orgánico de su composición, que permite una regeneración del suelo, siendo usada como una barrera viva, y dando mayores resultados en combinación con aportes complementarios de diferentes plantas como: piñuela, zurrumbo y entre otras especies, con técnicas de siembra que en conjunto permiten un restablecimiento de los suelos; aumentando la regeneración natural a ambos lados de la barrera (perchas naturales, trampas de semillas dispersadas por el viento), consiguiendo favorecer en la acumulación de materia orgánica, aceleración en la recuperación del suelo y la retención de humedad en el suelo.

(Arbeláez, 2015), resalta el fique como alternativa de restauración ecológica ya que es una planta que presta muchos servicios ambientales al suelo, ofreciendo control de la erosión, desplazamientos en masa y ayuda a la biodiversidad; por ser una planta piroresistente -resistente al fuego- y a diferencia de otras especies vegetales tiene un comportamiento interesante ya que conserva mucho la humedad y no se quema fácilmente.

Díaz, (2011) menciona que para el control de la erosión, el aporte de la bioingeniería para contrarrestar estos efectos ha orientado el uso de pastos, vetiver, bambú o guadua y árboles; las

obras de manejo de aguas de escorrentía, cortacorrientes, canales revestidos en piedra y en concreto, torrenteras; barreras de vegetación, colocación de suelos orgánicos, revegetalización (tela de fibra de fique); a través de cubiertas orgánicas convencionales y no convencionales, revestimiento orgánico suelto, fijadores (tackifiers), productos en rollo para el control de la erosión: red para el control de revestimientos orgánicos (Mulch-control netting, MCN), telas de trama abierta (Open-weave textile, OWT), revestimientos para el control de la erosión (erosión-control blankets, ECB), manto de refuerzo de la vegetación (Turf Reinforcement Mat, TRM). Siendo estos avances tecnológicos, campos a desarrollar por investigaciones de la planta de fique, y su incursión en el mercado, dando a conocer el enorme potencial de su composición para beneficio del medio ambiente y la actual necesidades de productos verdes, ya que actualmente muchos de los proyectos de restauración, han sido deficientes en su aporte científico, debido a la falta de información y conocimientos sobre las especies vegetales, y sobre el crecimiento y las condiciones naturales de la pendiente del suelo a revegetalizar (Soto & Meléndez, 2003).

Ochoa, (2009), estudió el comportamiento como respuesta a un incremento en la salinidad del suelo, concluyéndose que se disminuye la formación de materia seca.

Chavez & Florez, (1995) investigaron también, el efecto sobre algunas propiedades del hormigón fresco y endurecido del subproducto del beneficio de esta especie, utilizado como aditivo orgánico, demostrándose que este jugo actúa como surfactante en el hormigón, formando pequeños poros que disminuyen la densidad de la mezcla y mejoran la durabilidad del hormigón endurecido.

#### ***6.1.1.2 Biorefuerzos***

Hidalgo et al.,( 2014) afirman que, las fibras naturales poseen muchos campos relacionados con la industria de un país, en consecuencia a esto a nivel nacional y mundial se ha desarrollado

un gran número de investigaciones, en las cuales se estudia, entre otras cosas, el potencial de las fibras naturales como refuerzo de materiales compuestos de matriz polimérica.

**Cuadro 29**

*Contenido de componentes de fibra de fique sin tratamiento*

Muestra	F	Reportado
Peso (g)	1	-
Hemicelulosa (%)	16,700	-
Celulosa (%)	68,360	73,800
Lignina (%)	7,230	11,300
Cenizas (%)	0,740	0700

**Fuente:** (Hidalgo et al., 2014)

En la Cuadro 29, teniendo en cuenta que el componente mayoritario de la fibra de fique es la celulosa, en la industria el uso de fibras celulósicas de diferentes orígenes pueden reforzar y/o rellenar los compuestos plásticos, ofrecen grandes beneficios al material, incrementando las propiedades mecánicas del mismo (Navia et al., 2013).

Según Salvador et al., (2008), la generación masiva de residuos plásticos constituye un grave problema medioambiental, para ello se orienta a implementar estrategias que permitan el reciclaje de los residuos plásticos y su posterior utilización para diferentes aplicaciones en sectores tales como la construcción, favoreciendo esta actividad con la incorporación de refuerzos en el material reciclado con la mejora de las propiedades mecánicas del mismo.

De acuerdo a ello, las fibras de origen vegetal o biofibras, han sido las encargadas de mejorar técnicamente el producto, a través de ventajas económicas y ambientales, por su reducción de residuos al ser aprovechadas y a su bajo costo de uso. (Salvador et al., 2008) realizó el estudio de varias fibras de origen vegetal (algodón reciclado, lino, cáñamo, kenaf, sisal y fique), para ser utilizadas como material de refuerzo en polietileno de alta densidad reciclado o creación de

bioplásticos; para ello se evaluó las fibras por análisis termogravimétricos, para comprobar su estabilidad térmica, así como su resistencia mecánica mediante microensayos de tracción y su caracterización morfológica mediante microscopía óptica, electrónica de barrido y de fuerza atómica; logrando concluir que el aprovechamiento de fibras vegetales de desecho, tienen características propias que hacen viable su uso y por el forma y tamaño, lo cual obliga a la peletización previa y a la utilización de compatibilizantes para obtener el producto final, presentando propiedades mecánicas ligeramente superiores a las del polímero, aunque cabe resaltar el deterioro de plasticidad y tenacidad, al ser sometidos a tratamiento térmicos que alcanzan altas temperaturas.

Maya & Sabu,( 2008) también afirman, que el empleo de fibras naturales de origen vegetal como refuerzos de materiales poliméricos, permite la obtención de resultados muy favorables en cuanto al mejoramiento de algunas propiedades mecánicas de los polímeros, desplazando a las fibras sintéticas, las fibras de vidrio o de carbono.

#### ***6.1.1.3 Paneles de absorción acústica***

Según Isaza et al., (2016), el desarrollo de materiales no tejidos a partir de fibras naturales se ha convertido en una opción prometedora y ecológica para dar solución a los problemas de ruido, que es uno de los mayores contaminantes ambientales que afectan a las personas; por lo anterior, se realizó ensayos de tracción y microscopía electrónica de barrido (SEM) a fibras de fique con miras a evaluar su potencial uso en aplicaciones acústicas; obteniendo resultados que evidenciaron una morfología apta para la obtención de paneles para absorción acústica, debido a la presencia de múltiples fibras elementales y diferentes formas de lúmenes con tamaño variable de pared secundaria.

### **6.1.2 Aprovechamiento de residuos agroindustriales**

En el ámbito mundial existe interés por la conservación del medio ambiente, los recursos renovables y no renovables, y el aprovechamiento de residuos generados en los procesos agroindustriales (Muñoz et al., 2014). Colombia es un país con una amplia actividad agroindustrial y los desechos generados por esta actividad productiva, presentan especial interés para su aprovechamiento como materia prima tanto en procesos químicos como en procesos biotecnológicos (Piñeros, 2014).

Los residuos de tipo lignocelulósico ricos en polímeros de celulosa y hemicelulosa alrededor del 75-80%, se pueden degradar por procesos químicos, físicos y/o biológicos para obtener azúcares y la posterior conversión a un biocombustible (Muñoz et al., 2014);(Juárez, Ramirez, Ramírez, Ramón, & Rodriguez, 2011);(Juárez et al., 2011).

(Espitia, 2010) menciona, que los residuos agroindustriales, son ricos en fibras naturales y poseen una característica muy importante, su alta resistencia mecánica a esfuerzos de tracción gracias al ordenamiento estructural de las moléculas de celulosa. Se ha demostrado en investigaciones recientes (Maya y Sabu, 2008), que al emplear fibras naturales de origen vegetal, como refuerzos de materiales poliméricos, se han logrado obtener resultados muy favorables en cuanto al mejoramiento de algunas propiedades mecánicas de los polímeros, desplazando a las fibras sintéticas, las fibras de vidrio o de carbono. En este trabajo se aislaron nanofibras de celulosa de los residuos agroindustriales del fique y la caña de azúcar de diámetros entre 25 y 60 nm, mediante tratamiento químico con oxidante fuerte a pH controlado, con solución alcalina y tratamiento mecánico. Además se caracterizó la estructura, morfología y propiedades térmicas de las nanofibras obtenidas mediante técnicas espectroscópicas, microscópicas y termogravimétricas. Las nanofibras de celulosa obtenidas a partir del bagazo de caña de azúcar

se emplearon en la síntesis de un material compuesto, usándolas como material de carga en matrices poliméricas de polietileno de alta densidad (PE) y polipropileno (PP), mediante técnicas por fundido y polimerización in situ con catalizadores metalocénicos. Se evaluaron la resistencia a la tracción y módulo de elasticidad de los nanocompuestos y se compararon con los de las matrices poliméricas (patrón puro), lo que permitió observar que las propiedades mecánicas (módulo de elasticidad) de polipropileno (PP) se incrementó hasta en un 30% con una adición del 5% en peso de nanofibras compatibilizadas. Por otro lado, los nanocompuestos, obtenidos en la presencia de nanofibras, presentaron una mejor estabilidad térmica en comparación al polímero puro.

#### ***6.1.2.1 Aprovechamiento de carbohidratos***

(Guevara & Castillo, 2014) Entre las sustancias presentes en la planta de fique se encuentran los carbohidratos, específicamente los fructanos, como la inulina y los fructo-oligosacáridos (FOS) que son polímeros de fructosa considerados fibra dietaria y que por sus características se clasifican como prebióticos, que fueron obtenidos a través de los residuos obtenidos durante el proceso de desfibrado de las hojas de fique con técnicas enzimáticas y espectro-fotométricas, los cuales se orientan hacia amplias aplicaciones en el sector alimentario, donde es necesario investigar a más profundidad su cuantificación, extracción y caracterización con el fin de proporcionar valor agregado a través de la explotación de estos compuestos.

(Universidad Pontificia Bolivariana & COMPAÑÍA DE EMPAQUES S.A., 2010) investigaron el empleo de jugo de Fique como sustrato para la producción de etanol debido a que su contenido de carbono actúa como fuente de energía y el pH del jugo de fique presenta un valor de 4.25 que corresponde al rango de pH óptimo para el crecimiento y desarrollo metabólico de levaduras, especialmente los géneros *Candida*,

*Zigosaccharomyces*, *Hanseniaspora*, *Saccharomyces* y *Pichi*; en esta investigación se observa que la producción de etanol a partir de jugo de fique es un proceso viable ya que la fermentación es directa, es decir, no requiere de ningún tratamiento previo para la fermentación de los azúcares y el microorganismo metaboliza fácilmente los azúcares, consumiendo 14 g/L para producir 12 g/L de etanol.

### **6.1.3 Aprovechamiento de lignina**

La composición química de algunos de los materiales lignocelulósicos residuales presentes en el territorio nacional, ha despertado el interés de su investigación, siendo un reto elegir y desarrollar las estrategias de pretratamiento y selección del tratamiento que permita hacer un aprovechamiento eficiente de las diferentes fracciones del material, considerando la variabilidad en composición de las materias primas disponibles; el fique posee aproximadamente 69% celulosa, 17% hemicelulosa, 8% lignina (Hidalgo et al., 2014)

Según Pantoja et al., (2015) la deslignificación de biomasa lignocelulósica constituye un paso fundamental hacia la obtención de monosacáridos a partir de macromoléculas como la celulosa y hemicelulosa; diferentes procesos físicos, químicos y biológicos, han sido empleados con el fin de alterar y modificar la matriz de diversas materias primas vegetales, por la presencia de lignina, uno de los componentes más recalcitrantes en su estructura, en donde se caracterizó biomasa lignocelulósica de bagacillo de caña (M1), polvillo de fique (M2) y de afrecho de yuca (M3) y la mezcla en iguales proporciones de los tres materiales (M4); a las cuales se les realizó pretratamiento químico a la biomasa, usando bisulfito de sodio comercial al 4% p/p y pretratamiento enzimático con enzima lacasa al 1% p/p., obteniendo: El primero redujo la mayor cantidad de lignina, generando una deslignificación del 32,26% en M1 y de 62,72% en M2, mientras el pretratamiento enzimático generó el 67,91% de deslignificación en la mezcla M4; En

todos los residuos, el rango de deslignificación de 19,46% al 67,91% produjo un incremento de celulosa en un rango del 25,57% al 200,12%, de la investigación se concluyó que el pretratamiento químico generó mayor deslignificación mientras que el pretratamiento enzimático, mayor incremento de celulosa.

Según Muñoz et al., (2014), el polvillo de fique, pre-tratado con inyección de vapor, hidrolizado con la enzima Alternafull, fermentado y destilado, es rico en el componente etanol (95% en promedio), con un rendimiento estimado de 1mL de etanol por 1,66 g de polvillo de fique; por lo tanto el polvillo de fique, representa una fuente no convencional de energía apta, para iniciar el desarrollo de las energías renovables, donde además la muestra 10% bagacillo de caña+60% polvillo de fique+30%afrecho de yuca, presenta el 65% de reducción de lignina, indicando que es la mejor mezcla con características adecuadas para obtener buenos resultados en la obtención de glucosa.

Hidalgo et al., (2014), estudiaron las propiedades fisicoquímicas, mecánicas y térmicas de fibras naturales de fique, susceptibles de ser usadas como refuerzo de matrices poliméricas, en donde as fibras fueron sometidas a modificaciones superficiales a partir de tratamientos químicos que convencionalmente son empleados para promover la compatibilidad de las fibras naturales (hidrofilicas) con matrices de naturaleza polimérica (hidrofóbicas); el proceso de modificación superficial de las fibras se llevó a cabo mediante un tratamiento de alcalinización con NaOH, seguido del injerto de un agente de acoplamiento tipo silano y finalmente una preimpregnación con polietileno, mediante la ejecución de ensayos de FTIR se logró observar los grupos funcionales típicos de las fibras nativas y se corroboró la correcta ejecución de las modificaciones superficiales propuestas; de igual manera, la caracterización térmica por TGA permitió evidenciar la pérdida de hemicelulosa y lignina que fueron removidas con el tratamiento



alcalino, y la aparición de una nueva transición debida al polietileno depositado posteriormente con el tratamiento de preimpregnación, finalmente, se encontró que el tratamiento alcalino condicionó las propiedades mecánicas de las fibras tratadas, siendo despreciable la influencia de la salinización y la preimpregnación en esta caracterización.

#### **6.1.3.1 Biocultivos**

Moreno & Ospina, (2008), evaluaron la inducción de las enzimas ligninolíticas Lignino Peroxidasa (LiP), Lacasa y Manganeso Peroxidasa (MnP) de *Pleurotus ostreatus* inmovilizado en fique por adición de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) y sulfato de manganeso ( $\text{MnSO}_4$ ) y de un co sustrato, en primera instancia, se estandarizo un protocolo de inmovilización en fique utilizando biomasa pelletizada logrando excelente colonización del hongo al cabo de 8 días.

Este bioportador se empleo en un factorial 22 utilizando diferentes concentraciones de inductores metálicos, Estas son sustancias esteroidales, sexuales y corticoides, que se usan como anticonceptivos y se consideran productos de transformación, de síntesis parcial, cuya materia prima es de origen vegetal. En la Facultad de Ingeniería Química de la UPBM (Muñoz Ramírez, Lara Torres, García Orozco, & Bustamante Sánchez, 1988), se obtuvo un método mejorado para producir saponinas esteroidales como la hecogenina, a partir de hojas de la planta de fique (alta cantidad de nutrientes separables de las saponinas como alcohol (etanol) por fermentación del azúcar, fertilizantes orgánicos a partir del Nitrógeno, Potasio, Calcio y otros elementos, pulpa de papel a través de la celulosa y farmacéuticos por medio de los esteroides, entre otros). En el proceso del desfibrado del fique son retiradas las fibras, quedando como subproducto fibras cortas y cutícula impregnadas en el jugo de la planta. Este material es prensado para liberar el jugo, siendo éste el constituyente de la materia prima para el aislamiento de la hecogenina.

Luego los inductores metálicos escogidos se combinaron con una concentración máxima y mínima (2.0g/L 0.2g/L) de los diferentes co sustratos celulosa, quinua y almidón; este último a razón de 0.2g/L favoreció la decoloración en un 96%

#### **6.1.4 Obtención de Compuestos químicos**

##### **6.1.4.1 Hecogenina y Tigogenina**

Lozano, (2015), menciona que son sustancias esteroideas, sexuales y corticoides, que se usan como anticonceptivos y se consideran productos de transformación, de síntesis parcial, cuya materia prima es de origen vegetal, para producir sapogeninas esteroideas como la hecogenina, a partir de hojas de la planta de fique (alta cantidad de nutrientes separables de las saponinas como alcohol (etanol) por fermentación del azúcar, fertilizantes orgánicos a partir del Nitrógeno, Potasio, Calcio y otros elementos, pulpa de papel a través de la celulosa y farmacéuticos por medio de los esteroides, entre otros), en el proceso del desfibrado del fique son retiradas las fibras, quedando como subproducto fibras cortas y cutícula impregnadas en el jugo de la planta. Este material es prensado para liberar el jugo, siendo éste el constituyente de la materia prima para el aislamiento de la hecogenina

Benavides, Arango, Hurtado, & Rojas,( 2012), presentaron un estudio sobre la cuantificación de sapogeninas del jugo fresco y fermentado de fique (*Furcraea gigantea*) mediante cromatografía líquida, donde el jugo de fique fué fermentado y con el uso de hidrolisis acida se obtuvo el extracto de sapogeninas, cuyos componentes identificados por cromatografía gaseosa y espectroscopia másica (GC-MS), identificaron hecogenina y tigogenina; a ello se concluyó que el jugo de fique con cuatro días de fermentación presentó el mayor contenido de sapogeninas; por lo tanto, se recomienda este proceso para fines de extracción de estos compuestos.

Camargo et al., (2010) extrajeron hecogenina a partir del jugo de fique de la especie uña de águila (*Furcraea macrophylla*), mediante el cultivo de bulbos semi-esteriles, donde los resultados obtenidos permitieron elucidar la estructura de la hecogenina, donde su rendimiento fue de 1g/L, lo cual corresponde a un 0,08% con un 98% de pureza.

J. Castro, Garcia, Durango, & Palacio, (2010), en el análisis por HPLC de un extracto de *Furcraea spp.*, encontraron que tenía una proporción hecogenina: tigogenina de 82:18, en correlación con los resultados obtenidos por Cromatografía de Capa Delgada y RMN, que indicaron la presencia de hecogenina como componente mayoritario

#### ***6.1.4.2 Estudios de actividad biológica de las saponinas y sapogeninas presentes en el jugo de fique***

La actividad biológica de las saponinas ha sido reportada por muchos autores, y compilada por (Sparg, Light, & Van, 2004), que incluyeron en sus estudios la actividad hemolítica, molusquisida, antiinflamatoria, contra hongos y levaduras, antibacteriana y antimicrobiana, antiparasitica, citotóxica, antitumoral y antiviral. La actividad antifúngica de las saponinas y sapogeninas aisladas de las hojas de agaváceas tienen un impacto importante, particularmente las que tienen relación con su acción sobre hongos fitopatógenos.

Verastegui, Sanchez, Heredia, & Garcia, (1996), reportaron una gran actividad biológica inhibitoria del extracto etanolico de las raíces de Agave lechuguilla, sobre diversas especies de bacterias, mohos y levaduras, siendo la concentración mínima inhibitoria (MIC) como la mínima concentración del extracto que no mostro crecimiento del microorganismo tras una evaluación macroscópica; el extracto de A. lechuguilla fue el más activo de los extractos ensayados contra la mayoría de organismos estudiados, pues inhibió el crecimiento de los mohos ensayados: *Clostridium perfringens*, *Shigella dysenteriae*, *Candida albicans*, *Candida rugosa*,

*Cryptococcus neoformans*, *cryptococcus laurenti* ATCC-52657, *Cryptococcus albidus*, *Microsporium canis*, *Microsporium gypseum*, *Trichophyton tonsurans*, *Epidermophyton floccosum*, y *Sporotrix schenckii*, excepto con *Candida krusei*, con valores de MIC menores, sin embargo, no se esclarece que sustancias son responsables de esta actividad antimicrobiana.

(Barreto, Araújo, Bonifacio, Ferreira Da Silva, & Belém, 2004), investigaron la incidencia de hongos en semillas de algodón herbáceo, tratadas con extractos frescos y fermentados de *Agave sisalana*. Los resultados muestran que las semillas tratadas con ambos tipos de extracto, presentaron menores incidencias de ataque de los hongos fitopatógenos *Aspergillus* sp. Y *Fusarium* sp.

Guleria & Kumar, (2009), evaluaron la actividad antifúngica del extracto de hojas de *Agave americana* contra *Alternaria Brassica*, el agente causal de la mancha de *Alternaria* de la mostaza india. La concentración mínima inhibitoria (MIC) se definió como la concentración más baja del extracto requerida para suprimir completamente la germinación conidial de *A. brassicae*. Los resultados indican que la MIC para el extracto metanólico fue de 200 µg/ml. Mediante fraccionamiento por cromatografía de este extracto y ensayo de hojas sueltas, se determinó que concentraciones de 40 - 250 µg/ml inhibieron completamente la lesión, con una MIC de 40 µg/ml. Los autores concluyen que esta fuerte actividad antifúngica se debe principalmente a una mezcla de saponinas presente en el extracto.

## **7. Experiencias de éxito o casos reales de aprovechamiento de residuos a nivel comercial**

Se ha mencionado anteriormente la importancia del uso de los subproductos del fique, donde los beneficios obtenidos tras análisis de ellos, ha permitido encontrar investigaciones de éxito en donde se deja evidenciar el alto impacto de sus residuos. Esto en consecuencia, ha permitido un aporte económico al sector fiquero, a partir de la elaboración de insumos con posibilidad de comercialización, siendo este un aporte económico para la generación de ingresos, frente al uso integral de la planta de fique

Considerando la composición del fique, por un 30% de fibrillas y un 70% de pulpa vegetal. Las fibrillas, conocidas como estopa, pueden extraerse por tratamientos fisicoquímicos del residuo para ser utilizados en la fabricación de pulpa para papel, mientras que el producto restante, conocido como bagazo, se utiliza como fertilizante orgánico (Ministerio de Ambiente, COLOMBIA, Rural, & Corpoica, 2006).

Los subproductos agroindustriales resultantes del beneficio del fique, al ser materia prima biodegradable y a la disposición de uso, han puesto interés en el estudio y observación de sus efectos en el sector donde se realiza el desfibrado; siendo este proceso causante del deterioro a los suelos y el hábitat; en consecuencia a este hallazgo, el pequeño productor para su aprovechamiento, ha tomado una parte de los residuos obtenidos del desfibrado para sus plantaciones de forma directa y por medio de ello se encontró una disminución de las plagas encontradas generalmente; esto resulto ser un alivio para los interesados investigadores del impacto ambiental generado en el beneficio del fique.

Diversos estudios han demostrado la acción del jugo de fique en el control varios tipos de plagas y hongos, además existen experiencias por parte de agricultores quienes hablan de las bondades de su utilización como repelente, fertilizante líquido edáfico, propiedades curativas en

enfermedades foliares, de actividad sistémica, como herbicida, fungicida, insecticida y fertilizante (agricultores de El Tambo, Nariño).

### **7.1 Bioinsumos**

Según O'Farrill-Nieves, (2004), afirma que los biocidas y/o bioinsumos son productos botánicos de origen natural que se utilizan para el manejo y control de plagas en la agricultura orgánica. Estos se consideran ambientalmente benignos porque se degradan rápidamente y su efecto sobre los organismos benéficos es menos perjudicial que el de productos tradicionales. La toxicidad en los humanos y otros mamíferos es variable, pero generalmente es menor que la de los productos sintéticos tradicionales. Las desventajas son mínimas en consideración con sus beneficios. Además estos productos pueden fortalecer la estructura de la planta aumentando la resistencia ante los organismos que la afectan.

Por lo anterior se dio el interés en esta actividad, se dio el interés de la creación de biocidas o bioinsumos en donde la posibilidad del uso de materiales amigables para los suelos y cultivos, además de mitigar los efectos de deterioro y contaminación de estos residuos, en donde en comparativos del jugo del fique es más tóxico que el mancozeb (fungicida) y que el propanil (herbicida)

El jugo del fique solo es superado en toxicidad por un insecticida como el clorpirifos cuya CL50 (96 horas) en peces, es de una cantidad muy pequeña de 0.007 mg/l para causar la muerte de la mitad de la población estudiada, en este caso la especie trucha arco iris. La DQO de los jugos de fique es mayor que su DBO, lo que indica que posee sustancias no biodegradables.(Peinado et al., 2006)

**Cuadro 30**

*Comparativo concentración letal media entre plaguicidas y el jugo del fique.*

<b>Comparativo concentración letal media entre plaguicidas y el jugo del fique</b>	
Plaguicidas y el jugo de fique	CL <sub>50</sub> (96 h) expresado en mg/l para trucha arco iris
Insecticida (Clorpirifos)	0,007 – 0,051
Jugo de fique	1,0
Fungicida (Mancoceb)	2,2
Herbicida (Proponil)	8,11

**Fuente:** (Peinado et al., 2006)

Por tal motivo se hace necesario realizar un tratamiento adecuado para atenuar los efectos tóxicos y convertirlos en potencialidades para contrarrestar el efecto de diferentes plagas y a la vez generar la posibilidad de reemplazar de reemplazar los plaguicidas comerciales, entrando a disminuir el efecto de este sector de mercado al medio ambiente, por el uso de químicos, además poder dar viabilidad al reúso de materiales

Alvares, Salazar, Hurtado, Delgado, & Arango, (2011) estudiaron la sensibilidad in vitro de *Phytophthora infestans* al jugo de fique comparado con dos fungicidas comerciales. La concentración efectiva cincuenta (EC<sub>50</sub>) obtenida fue de 4,02 µg/mL<sup>-1</sup> para Ridomil-Gold<sup>®</sup> y 3,91 µg.mL<sup>-1</sup> para Curzate<sup>®</sup>; para el bioinsumo de fique se obtuvo una EC<sub>50</sub> de 8,912 µg.mL<sup>-1</sup> y una concentración capaz de inhibir el crecimiento in vitro en 75.000 µg.mL<sup>-1</sup>. De acuerdo con los autores, los valores obtenidos indican que el bioinsumo de fique afecta el crecimiento del patógeno y puede considerarse para estudios en condiciones de campo abierto.

La mayoría de investigaciones centran sus experimentos en la evaluación de extractos vegetales, por lo cual es difícil establecer si las dosis aplicadas son adecuadas para el manejo en campo. (Soetan, Oyekunle, Aiyelaagbe, & Fafunso, 2006) explican la ineficiencia de las saponinas para controlar diversas clases de hongos y bacterias, por efecto protector de las

membranas microbianas. Las saponinas pueden no ser capaces de penetrar las membranas celulares de los microorganismos, lo cual puede confirmar los débiles efectos antibacterial y fungistático de la mayoría de saponinas. Farnsworth (1966) citado por los mismos autores, concluyo también que la efectividad antibiótica en mayor o menor grado es típica de todas las saponinas.

Las propiedades biocidas del jugo de fique han sido previamente estudiadas y documentadas en Colombia (Gomez, 2001), realizó estudios in vitro del extracto de fique para determinar su acción biocida sobre las estructuras micelial y conidial de los hongos fitopatogenos *Colletotrichum gloeosporoides* y *Sclerotinia sclerotiorum*, causante de las enfermedades conocidas como pudrición algodonosa del Lulo (*Solanum quitoense*) y Antracnosis del tomate de árbol (*Solanum betacea*), encontrando que esta sustancia inhibe el desarrollo micelial de *C. gloeosporoides* cuando la concentración del extracto de fique en medio de cultivo PDA es superior al 5% y afecta la germinación conidial cuando la concentración del extracto es superior al 1%, con respecto al efecto sobre *S. sclerotiorum*, concentraciones de extracto de fique superiores al 4% inhibieron el desarrollo micelar del hongo en el medio de cultivo PDA. Los anteriores resultados permiten concluir que el extracto de fique posee una acción biocida para el desarrollo de los hongos fotopatogenos *Colletotrichum gloeosporioides* y *Sclerotinia sclerotiorum*.

Acevedo & Serna, (2004), realizaron una optimización de la obtención del extracto vegetal (material orgánico) del fique y además observaciones del efecto biocida sobre los hongos *Trichoderma 33 spp.* y *Fusarium 34 spp.* (Deepak et al., 2005), estudiaron la actividad de los extractos metanolicos de hojas pertenecientes a 38 generos de plantas, contra *Sclerospora graminícola*, causante de la enfermedad de mildew polvoso en mijo perla. El efecto



antiesporulante del extracto crudo y diluido (1:9) de *Agave americana*, sobre el patógeno causo inhibición total y parcial de la esporulación del fitopatógenos, respectivamente

Alvares et al., (2011) estudiaron el efecto de la mezcla hecogenina-tigogenina aislada a partir de un extracto vegetal de *Furcraea* spp. Los resultados de actividad antifungica de la mezcla hecogenina-tigogenina sobre *C. acutatum*, *Aspergillus sp*, *Candida sp.* y *B. theobromae* son descritos por los autores como moderados. En particular, se observa un efecto de detoxificación de los hongos caracterizado por la disminución del efecto antifungico den el tiempo.

### **7.1.1 Experiencias de éxito con el jugo**

Según Lozano, (2011) , las sustancias químicas presentes en el extracto de hojas de fique tienen capacidad de ser usadas como coadyuvante de coagulación en el tratamiento de aguas residuales, debido a que permiten la formación micelar encapsulando compuestos; esto gracias a la acción de los grupos hidrófilo e hidrófobo, sin embargo es necesario indagar a mayor profundidad los mecanismos de actuación de las sustancias presentes.

Así mismo Mejia et al., (2013), estudió el jugo de fique pasteurizado, obteniendo como resultado una importante actividad fungistática, por lo cual se menciona que el tratamiento térmico a temperaturas superiores, es el responsables de brindar mayores periodos de conservación manteniendo sus propiedades funcionales; finalmente en dicho estudio se puede afirmar que la actividad biológica exhibida por el bioinsumo pasteurizado de jugo de fique, así como su amplia distribución geográfica en el Departamento de Nariño, sugieren que esta especie puede tener una importante aplicación en la producción de biofungicidas a mediano plazo, además de evidenciar que dicho tratamiento térmico no tuvo cambios significativos en sustancias de interés como la hecogenina.

### 7.1.2 Abono

Acosta, Hurtado, Arango, Alvarez, & Salazar, (2013a), mencionan que a través de los biosólidos generados en el cultivo de fique (*Furcraea spp.*), son generadas importantes cantidades de residuos con fuertes impactos ambientales por su inadecuada disposición, por tanto se planteó la utilización de estos residuos como materia prima en la elaboración de abonos orgánicos, donde con el uso del uso de bagazos procedentes de dos municipios del departamento de Nariño con variedades de importancia y dos zonas agroecológicas; los bagazos son sometidos a un proceso de fermentación controlada tipo Bokashi determinando tres relaciones C:N y dos inóculos de microorganismos promotores de descomposición (EM y levadura comercial), estableciendo así el potencial que presentan los biosólidos de la especie *Furcraea spp.* en la producción de abonos orgánicos.

## 8. Conclusiones

- Mediante la revisión bibliográfica a través de las fuentes de información se encuentra diversa información de la planta de fique con avances prometedores a través de los años, y así mismo una posibilidad de seguimiento a los avances actuales.
- El contexto nacional del fique, ubica a la región de Nariño como productor destacado frente a los otros departamentos y una disposición para la transformación productiva de la cadena a través de la investigación y tecnificación de los cultivos, dada la alta oportunidad de explotación de las áreas de producción de la planta.
- La competitividad de la región de Nariño abarca la producción de los municipios La Florida, El Tambo y San Bernardo, como los mayores productores de fibra de fique en el departamento, evidenciando una zona de impacto regional para investigaciones de la planta de fique de manera integral y así descubrir el potencial de las variedades existentes en la zona y su potencial de aprovechamiento para el mercado.
- Es necesario realizar una integración de los entes gubernamentales, sector educativo y de investigación, y el pequeño productor, que permitan una mejora en la oportunidad de captación de mercado, dada la necesidad de la integración de la estructura desde su cultivo hasta la posibilidad de transformación en la industria.
- La cadena productiva del fique a pesar de ser promisorio, ha atravesado diversas dificultades en el ámbito social, económico y ambiental, debido a su falta de capacitación y tecnificación de los cultivos, que conllevan a un déficit considerable de remuneración económica, además de generar un alto impacto ambiental por la falta de tratamiento y aprovechamiento de residuos.

- La fibra de fique es competitiva frente a las fibras naturales encontradas en los mercados internacionales, resultando ser competitiva frente a las fibras afines, pero debido a su falta de tecnificación en procesos de calidad resta el posicionamiento en este mercado a pesar de las características y propiedades con posibilidades de aprovechamiento integral.
- El aprovechamiento de residuos resultantes del beneficio del fique abarca una amplia explotación integral de ellos en sus diferentes etapas de obtención, a partir del jugo, bagazo, estopa obtenidos en el desfibrado, licor verde proveniente del lavado de la fibra, polvillo de fique obtenido en el sacudido y peinado de la fibra,; mediante los cuales surgen diversas investigaciones emergentes que dan respuesta a la problemática ambiental y al uso de materias primas no convencionales.
- La identificación y cuantificación de los residuos permite conocer la valiosa composición de la planta de fique, además de la generación de residuos desde las actividades preliminares que da la oportunidad de aprovechamiento e investigación de posibilidades de desarrollo de
- El uso de la planta de fique como impacto en la reforestación de suelos ha traído grandes beneficios desde la siembra de la planta en áreas afectadas o a través de barreras vivas, hasta el uso de productos derivados de la fibra en combinación de otras fibras en mantos, Biorefuerzos, gracias al alto contenido de nitrógeno, capacidad de retención de humedad y acumulación de materia orgánica.
- El uso de la fibra de fique como refuerzo en matriz polimérica permite además de atribuir características especiales, permite transicionar el uso de sustancias tóxicas para el medio ambiente como el polipropileno, permitiendo desligarse de los productos derivados del petróleo y así disminuir la producción de residuos contaminantes.

- El aprovechamiento de metabolitos secundarios provenientes de la planta de fique como monosacáridos, sapogeninas, saponinas entre otros, permite la apertura de mercado en la industria química y farmacéutica; siendo necesaria una investigación más profunda y un avance para la extracción de los compuestos de interés que permitan hacer viable la captación de este mercado.
- Para la industrialización de los residuos de fique es importante lograr un proceso tecnificado a partir de la transformación de la escala de laboratorio hasta explotación en los sectores productivos de fique, que conlleven una inversión considerable que permita remuneración para el ficuero, haciendo viable la generación de empresa del productor de fique.
- Las experiencias de éxito del aprovechamiento de residuos de fique en bioinsumos, necesitan una orientación más amplia para su comercialización y así mismo la remuneración de su producción.
- El uso de productos derivados del fique, trae consigo la oportunidad de proteger el medio ambiente frente a la sustitución de materiales tóxicos, y la reutilización de los residuos provenientes del beneficio de fique como materiales de aprovechamiento para la industria química, farmacéutica, y en productos de sectores de construcción, aseo, textiles, siembra, alimentación bovina,
- Los estudios técnico científicos reportados, muestran valiosos aportes del fique en sus diferentes modalidades, dando a conocer la viabilidad del aprovechamiento integral generando importancia al eje agroindustrial, frente a la actual demanda de mercado y la competitividad frente a los mercados verdes.

## **9. Recomendaciones**

- De acuerdo a la información adquirida en el presente estudio, es necesario realizar una búsqueda más exhaustiva que permita dar a conocer a mayor profundidad todas las investigaciones de residuos agroindustriales del fique.
- Se considera importante tener en cuenta la actualización constante de información sobre la cadena de fique para las futuras investigaciones, con la finalidad de generar nuevos aportes investigación prospectivos que den respuesta a los constantes cambios del entorno donde se trabaja con dicha planta y la competitividad con las fibras naturales.
- Para obtener un conocimiento específico de las fibras obtenidas a nivel nacional y obtener el aprovechamiento requerido, se hace importante la recopilación de información delimitada a los biotipos que se pueden encontrar en mayor proporción, esto para considerar su posible explotación y así mismo la posibilidad de una producción sostenible.

## Bibliografía

- Acevedo, J., & Serna, E. (2004). *Optimización del proceso de extracción de material orgánico procedente de fique (Furcraea spp) y observación del efecto biofungicida*.
- Acosta, J., Hurtado, A., Arango, O., Alvarez, D., & Salazar, C. (2013a). Caracterización y evaluación de subproductos de fique (Furcraea spp.) como alternativa para la elaboración de abono orgánico. *Biología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(1), 94–102.
- Acosta, J., Hurtado, A., Arango, O., Alvarez, D., & Salazar, C. (2013b). Efecto De Abonos Orgánicos a Partir Producción De Maíz. *Biología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(1), 94–102. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612013000100012](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100012)
- AITEX, ASINTEC, CETEMMSA, LEITAT, & FEDIT. (2011). *Materias primas para el sector Textil/Confección. Opciones de futuro*.
- Aktiva. (2013). Estudios sectoriales estudios sectoriales. *Servicios Economicos*, 0–6.
- Alvarez, D., Salazar, C., Hurtado, A., Delgado, D., & Arango, O. (2011). Sensibilidad in vitro de Phytophthora infestans al extracto de fique (Furcraea gigantea Vent.) y fungicidas sistémicos. *Biología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 9(2), 96–104.
- Alvarez, D., Hurtado, A., Salazar, C., Arango, O., & Acosta, J. (2013). Evaluación del bioinsumo de fique (Furcraea gigantea) en el control del tizón tardío de la papa. *Biología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(2), 29–36.
- Arbeláez, M. (2015). Reforestan el cerro Pan de Azúcar con plántulas de fique.
- Arley, E. (2017). Vacaciones forzadas por déficit de fique. *El Nuevo Liberal*.

- Arroyave, P., & Velasquez, D. (2000). Aprovechamiento integral de *Furcraea macrophylla* Backer. *Departamento de Ingenieria de Procesos*, 250.
- Bacca, D. (2012). *ESTUDIO FITOQUÍMICO DEL JUGO DE FIQUE DE LAS ESPECIES NEGRA COMÚN (Furcraea gigantea) Y UÑA DE ÁGUILA (Furcraea macrophylla) DE LOS MUNICIPIOS DE EL TAMBO Y GUAITARILLA (NARIÑO)*.
- Barreto, A., Araújo, E., Bonifacio, B., Ferreira Da Silva, O., & Belém, L. (2004). Qualidade fisiológica e a incidencia de fungos em sementes de algodoeiro herbáceo tratadas com extratos de agave. *Revista Brasileira de Oleaginosas E Fibrosas*, 8(1), 839–849.
- Benavides, O. L., Arango, O., Hurtado, A. M., & Rojas, M. C. (2012). Cuantificación de Sapogeninas del Jugo Fresco y Fermentado de Fique ( *Furcraea gigantea* ) mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución ( HPLC-PDA ) Sapogenins Quantification of Fresh and Fermented Juice of Fique ( *Furcraea gigantea* ) by High- Perfor. *Informacion Tecnologica*, 23, 67–76. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000300009>
- Buenaventura, U. de S. (2013). *FIQUE Furcraea Andina*.
- Camargo, S., Rivera, N., Manosalva, M., Pacheco, J., Cely, V., & Rozo, W. (2010). Extracción e identificación de hecogenina del jugo de fique de la especie *Furcraea macrophylla* (Uña de Águila) obtenido mediante cultivo de bulbos semi-estériles, como alternativa agroindustrial ecoeficiente para el sector fiquero de Boyacá. In *XXIX Congreso Latinoamericano de Química. XVI Congreso Colombiano de Química - VI Congreso Colombiano de Cromatografía. Cartagena - Carvalho*.
- Casierra, F., Pérez, W., & Portilla, F. (2006). Relaciones hídricas y distribución de materia seca en especies de fique (*Furcraea* sp. Vent.) cultivadas bajo estrés por NaCl. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 280–289. Retrieved from



- <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=180318104010>
- Casillo, J. (2015). La cadena de valor del fique en Colombia (pp. 3–8).
- Castellanos, O. F., Torres, L. M., & Rojas, J. C. (2009). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de fique en Colombia*.
- Castro, J., Garcia, C., Durango, D., & Palacio, G. (2010). Actividad antifungica de la mezcla de saponinas esteroidales hecogenina- tigogenina aislada de *furcraea* spp. In *XXIX Congreso Latinoamericano de Química. XVI Congreso Colombiano de Química - VI Congreso Colombiano de Cromatografía, Cartagena*.
- Castro, L., Guzman, C., & Escalante, H. (2014). Estabilización Del Bagazo De Fique: Digestión Anaerobia De Una Biomasa Lignocelulosica En Colombia.
- Chavez, H., & Florez, C. (1995). *Factibilidad tecnica de producir aditivos para construccion por extraccion de compuestos polimericos de jugos residuales de la fibra de fique*. Universidad del Valle, Facultad de Ingenieria.
- Colombia, G. I. de F. D. y A. la C. de valor del F. en, & Agricultura, O. de las N. U. para la A. y la. (2015). COMMITTEE ON COMMODITY PROBLEMS. In *REUNIÓN CONJUNTA DEL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL SOBRE FIBRAS DURAS EN SU 38.ª REUNIÓN Y EL GRUPO INTERGUBERNAMENTAL SOBRE EL YUTE, EL KENAF Y FIBRAS AFINES EN SU 40.ª REUNIÓN*.
- COMPAÑÍA DE EMPAQUES S.A., ARD/CAPP, ISAGEN, & USAID. (2005). Biotipos, semillero y transplante de fique. *Cartilla Agroambiental*.
- Congreso de la Republica de Colombia. Ley 101 de 1991, Ley General de Desarrollo y Pesquero, 1993 § (1993). Retrieved from [http://www.sampues-sucre.gov.co/apc-aa-files/64646230313733616236623264343430/LEY\\_101\\_DE\\_1993.pdf](http://www.sampues-sucre.gov.co/apc-aa-files/64646230313733616236623264343430/LEY_101_DE_1993.pdf)

- Contreras, M. F., Hormaza, W. A., & Marañón, A. (2009). Fractografía de la fibra natural extraída del fique y de un material compuesto reforzado con tejido de fibra de fique y matriz resina poliéster. *Revista Latinoamericana de Metalurgia Y Materiales*, 1(1), 57–67.
- CORPOICA, & Corporacion Colombiana de Investigacion Agropecuaria. (2004). *Plan Nacional estrategico de Investigacion, Desarrollo Tecnologico y Transferencia del Fique (Furcraea macrophila)*.
- Dagua, C., Dagua, D., & Morales, S. (2008). Evaluación de los efluentes provenientes de la agroindustria del fique en el municipio de totoró - cauca. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 6(2), 9. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v6n2/v6n2a07.pdf>
- Deepak, S., Oros, G., Sathyanarayana, S., Shetty, N., Shetty, H., & Sashikanth, S. (2005). Antisporulant activity of leaf extracts of Indian plants against *Sclerosporagraminicola* causing downy mildew disease of pearl millet. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 38(1), 31–39.
- Díaz, C. (2011). Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería E Investigación*, 31(3), 80–90. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092011000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=es%5Cnhttp://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n3/v31n3a09.pdf](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092011000300009&lng=en&nrm=iso&tlng=es%5Cnhttp://www.scielo.org.co/pdf/iei/v31n3/v31n3a09.pdf)
- Echeverri, R., Franco, L., & Gonzalez, M. (2015). *Fique en Colombia*.
- Escalante, E. (2013). Henequén: Fibra de Sisal. *Cultura Organica*, 62, 19–22.

- Escalante, H., Castro, L., Quintero, M., Ortiz, C., & Guzman, C. (2009). Producción De Biogás a Partir Del Bagazo Generado Durante El Beneficio De Fique., 1–7.
- Espitia, H. (2009). Residuos del fique y la caña refuerzan propiedades mecánicas de los plásticos. *Agenciadenoticias.unal.edu.co*.
- Espitia, H. (2010). *Aislamiento de nanofibrillas de celulosa a partir de residuos agroindustriales de fique y caña de azúcar, con potencial aplicación en reforzamiento de polímeros termoplásticos*.
- Estrada, M. (2010). *Extracción y caracterización mecánica de las fibras de bambú ( Guadua angustifolia ) para su uso potencial como refuerzo de materiales compuestos* .
- FAO. (2009). *Comienza el Año Internacional de las Fibras Naturales. Medios; noticias*. Retrieved from <http://www.fao.org/news/story/es/item/9803/icode/>
- Forestal, L. de E. y R., Biológicas, D. de C., & Queiroz, E. S. de A. L. de. (2012). Métodos y técnicas para la restauración de bosques. In *Curso sobre Pago por Servicios Ambientales y Restauración Ecológica de Bosques* (pp. 26–28).
- Franco, D. (2014). *Creación y constitución de una empresa, que fabrica y comercializa bolsos y maletines utilizando como materia prima el fique*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Giraldo, J. (2015). *Manual Técnico Textil*. Retrieved from <http://www.microdenier.com.co/manualtecnico.pdf>
- Gomez, J. (2001). *Evaluación del extracto de fique en el desarrollo in vitro de Colletotrichum gloeosporoides (Penz.) Penz & Sacc. y Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary*. Corpoica.
- Granados, L. (2010). Caracterización de la cadena de valor para la extracción de hecogenina a partir de jugo de fique en el departamento de Boyacá, 143.
- Grupo intergubernamental de fibras duras Grupo Intergubernamental sobre el Yute, el K. y

- fibras afines. (2015). La cadena de valor del fique en Colombia. In *Importancia del examen permanente de las políticas en el contexto de los objetivos de desarrollo de los subsectores de las fibras naturales* (p. 13).
- Guerra, J., & Nogueiras, C. (2008). Las saponinas y sapogeninas esteroidales. *Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*, 2–3.
- Guevara, C., & Castillo, E. (2014). Identification of fructooligosaccharides and inulin in waste of fique leaves - *Furcraea macrophylla* Baker. *Agroindustry and Food Science*, 4(2323–118), 282–286.
- Guevara, C., & Vallejo, E. (2014). Potencialidades medicinales de los generos *Furcraea* y *Agave*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19, 248–263.
- Guleria, S., & Kumar, A. (2009). Antifungal activity of *Agave americana* leaf extract against *Alternaria brassicae*, causal agent of *Alternaria* blight of Indian mustard (*Brassica Juncea*). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 42(4), 370–375.
- Hernán, C., Agreda, P., Felipe, J., Montezuma, V., & Centro, I. (2011). Evaluación de un bioinsumo a partir del jugo del fique ( *Furcraea* spp .) para el control de la roya ( *Hemileia vastatrix* ) en el café variedad caturra. In *II Exposicion de trabajos de investigacion UNIMAR* (pp. 369–383).
- Herrera, D., & Morales, L. (2008). *Estudio de factibilidad para la comercializacion de accesorios elaborados con fique, a través de la empresa artefique en la ciudad de Pereira*.
- Hidalgo, M., Muñoz, M., & Mina, J. (2014). Fibras de fique una alternativa para el reforzamiento de plastico. Influencia de la modificacion superficial. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 12(2), 60–70. Retrieved from

- [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612014000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Imbachí, J., Morales, S., & Alban, N. (2012). UTILIZACIÓN DEL SUBPRODUCTO DE FIQUE: LICOR VERDE, COMO CONTROLADOR DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE REPOLLO (*Brassica oleracea*). *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial.*, 10(1), p 109-115.
- Isaza, M., Restrepo, A., Betancourt, S., Alvarez, C., & Fernandez, P. (2016). Caracterización mecánica y morfológica de fibras de fique con potencial uso acústico. In *VIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MATERIALES CIM*.
- Juárez, J., Ramirez, E., Ramírez, E., Ramón, L., & Rodríguez, J. (2011). Aplicación y comparación de pre-tratamientos totalmente libres de cloro en residuos de piña y zapote mamey para la obtención de carboximetilcelulosa. *Revista Venezolana de Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 2(1), 108–126.
- Justo, I., & Vidal, C. (2011). *Historia y futuro de una fibra vegetal 1*.
- Latorre, L., Pantoja, A., Mejía, D., Osorio, O., & Hurtado, A. (2013). Evaluation of thermal treatments for inactivation of enzymes in fique juice. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(1), 113–122.
- Lopez, F., Moreno, C., Olmedo, J., Castillo, M., & Cabrera, C. (2017). *Viabilidad para producir y comercializar bolsas de fique para abastecer el mercado de los principales supermercados de cadena de Bogotá*.
- Lozano, A., Izquierdo, G., Londoño, A., & Restrepo, J. (2012). *Compañía de empaques. Universidad ICESI*, 3(2339–4331), 71.
- Lozano, W. (2011). Use of sisal extract (*Furcraea* sp.) as a coagulation adjuvant in the treatment

- of pastry effluents. *Producción + Limpia*, 6(1), 21–34.
- Lozano, W. (2012). USO DEL EXTRACTO DE FIQUE (*Furcraea* sp.) COMO COADYUVANTE DE COAGULACIÓN EN TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS. *Revista Internacional Contaminacion Ambiental*, 28(3), 219–227.
- Lozano, W. (2015). *Uso del extracto de Fique ( Furcraea Sp .) como coadyuvante de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales y como disruptor del proceso de nitrificación de cuerpos de agua hipereutrofizados.*
- MADR. (2017). *Informe de rendición de cuentas 2016-2017.*
- MADR, & CADEFIQUE. (2014). *Ficha tecnica cultivo del fique.* Retrieved from <https://sioc.minagricultura.gov.co/Fique/Documentos/005 - Documentos Técnicos/005 - D.T - Ficha Tecnica Cultivo de Fique.pdf>
- Martinez, L. (2000). *Guía ambiental para el subsector fique.*
- Mejia, D., Mora, O., Salazar, C., Romo, J., & Luque, E. (2013). *Evaluación de la sensibilidad del complejo Ascochyta arveja (Pisum sativum) al jugo de fique (Furcraea gigantea) pasteurizado. Journal of Chemical Information and Modeling.* <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Mina, J. (2012). Caracterización Físico-Mecánica De Un Almidón Termoplástico (Tps) De Yuca Y Análisis Interfacial Con Fibras De Fique Tt - Physico-Mechanical Characterization of Thermoplastic Cassava Starch (Tps) and Interfacial Analysis With Fique Fibers Tt - Caracteri. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 10(2), 99–109. Retrieved from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612012000200012&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a12.pdf](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000200012&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n2/v10n2a12.pdf)

- Ministerio de Ambiente, V. y D. T., COLOMBIA, C. P. del fique C., Rural, M. de A. y D., & Corpoica. (2006). *Guía Ambiental del Subsector Fiquero. segunda edicion.*
- Mojica, A., & Paredes, J. (2003). *Informe de coyuntura economica regional santander.*
- Morales, S., Dagua, D., & Dagua, C. (2009). Usos de los Subproductos Provenientes de la Agroindustria del Fique ( *Furcraea cabuya* ) en el Municipio de Totoró - Cauca-Colombia. *Revista Bras. de Agroecologia*, 4(2), 4157–4161.
- Moreno, N., & Ospina, X. (2008). Evaluación de inductores metálicos y co-sustratos para la remoción de negro reactivo 5 empleando *Pleurotus ostreatus* inmovilizado en fique, 1–137.
- Muñoz, D., Pantoja, A., & Cuatin, M. (2014). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como biocombustible y biorefineria. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 12(2), 10–19.
- Narvaez, J. M. (2013). Agroindustrializan los subproductos del fique. *Diario Del Sur.*
- Navia, D., Villada, A., & Ayala, H. (2013). Determinación de isotermas de adsorción de agua en biocompuestos de harina termoplástica y fique. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustria*, 11(1), 144–154.
- Navia, D., Villada, H., & Torres, G. (2010). Caracterización morfológica de harina de siete variedades de yuca y polvillo de fique por microscopía óptica de alta resolución -MOAR. *Revista Universidad Del Cauca Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(2), 79–85.
- O’Farrill-Nieves, H. (2004). Aplique los plaguicidas correctamente: Manual para los agricultores. *Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayaguez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Departamento de Protección de Cultivos.*), 19–54.
- Ochoa, J. (2009). Uso del licor de plantas agaváceas como aditivo en morteros y hormigones.

*Universidad Politecnica de Valencia*, 1–3.

- Ortiz, U. (2016). El fique: nueva fuente de desarrollo agroindustrial. *El Espectador*.
- Ortiz, U. (2018). El fique cultivo promisorio y rentable: Comunidad y Desarrollo. *Periodico Eje 21*. Retrieved from <http://www.eje21.com.co/2017/07/el-fique-cultivo-promisorio-y-rentable/>
- Otero, I., Hurtado, A., Arango, O., & Fernández, P. (2014). BACTERIAS AISLADAS DEL JUGO DE FIQUE CON ACTIVIDAD ANTAGÓNICA SOBRE *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary BACTERIA ISOLATED FROM SISAL JUICE WITH ANTAGONIC ACTIVITY AGAINST *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary BACTERIAS ISOLADAS DO SUCO DE FIQUE CO. *Bioteconología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 12(1), 28–35.
- Pantoja, A., Cuatin, M., & Muñoz, D. (2015). Efecto del pretratamiento químico y enzimático en la deslignificación de biomasa agroindustrial típica del Cauca. *Bioteconología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 13(1), 45–53.
- Peinado, J. E., Ospina, L. F., Rodríguez, L., Miller, J., Carvajal, C., & Negrete, R. (2006). *Guía ambiental del subsector fiquero. International Journal-of Hydrogen Energy* (Vol. 2). Retrieved from [http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/1146%5Cnhttp://192.168.98.116:8080/xmlui/bitstream/123456789/1146/1/2007222154336\\_GuiaAmbientalFiguera2006.pdf](http://201.234.78.28:8080/jspui/handle/123456789/1146%5Cnhttp://192.168.98.116:8080/xmlui/bitstream/123456789/1146/1/2007222154336_GuiaAmbientalFiguera2006.pdf)
- Perez, L., & Quitian, A. (2009). Evaluación de métodos de extracción de saponinas de los residuos de beneficio del Fique. *Universidad Industrial de Santander*.
- Perry, C. (2012). El fique y las TIC's una alternativa para articular las áreas del conocimiento.
- Picon, J., & Cáceres, A. (2010). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y PUESTA EN MARCHA PARA*



*ELABORACIÓN DE SACOS DE POLIPROPILENO PARA LA INDUSTRIA AGRÍCOLA  
Y EMBALAJE DE PRODUCTOS A GRANEL.*

- Pinta Lopez, A. E. (2004). *Esquema de ordenamiento territorial*.
- Piñeros, Y. (2014). *Aprovechamiento de biomasa lignocelulósica, algunas experiencias de investigacion en Colombia*.
- Prieto, A. (2015). ELABORACIÓN DE SUBPRODUCTOS A PARTIR DE LOS RESIDUOS DE EXTRACCIÓN DE FIBRAS DEL FIQUE. *PERIÓDICO DIARIO DEL OTÚN*.
- República de Colombia. Departamento Nacional de Planeación. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (1991). *Conpes 2558 de 1991. Programa de Modernización y Diversificación del Sector Agropecuario*.
- Rivera, D., Plata, L., Castro, L., Guzmán, C., & Escalante, H. (2012). Aprovechamiento del subproducto sólido de la digestión anaerobia del bagazo de fique (*furcraea macrophylla*) para el acondicionamiento de suelos. *Red de Revistas Cientificas de America Latina Y El Caribe, España Y Portugal*, 25(1), 25–34. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=82946370&lang=es&site=ehost-live>
- Romero, J. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. *Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería*, 6(2), 48–49.
- S.A., C. de E., Corantioquia, Barbosa, A. de, & Barbosa, C. de F. (2004). *Manual de Buenas Practicas para el cultivo y el beneficio del fique*.
- Salazar, I. (2015). Parámetros físicos y químicos del fique.
- Salvador, M., Amigó, V., Nuez, A., Sahuquillo, O., Llorens, R., & Marti, F. (2008). Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticas.

- Universidad Politécnica de Valencia*, 1–4. Retrieved from [http://www.upv.es/VALORES/Publicaciones/CNM08\\_Fibras\\_naturales.pdf](http://www.upv.es/VALORES/Publicaciones/CNM08_Fibras_naturales.pdf)
- Sánchez, D. (2015). Rescatan la siembra del fique en las montañas de Medellín. *El Tiempo*.
- Sanchez, S., Marin, M., Mora, A., & Yepes, M. del S. (2012). Identificación de bacterias productoras de Polihidroxicanoatos (PHAs) en suelos contaminados con desechos de fique. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(2).
- Sánchez, S., Marín, M., Mora, A., & Yepes, M. del S. (2012). Identificación de bacterias productoras de polihidroxicanoatos ( PHAs ) en suelos contaminados con desechos de fique Identification of polyhydroxyalkanoate-producing bacteria in soils contaminated with fique wastes. *Revista Colombiana de Biotecnología*, XIV(2), 89–100.
- Santamaria, L. (2013). Diseño de dos propuestas de cadena de suministro con sus eslabones y operaciones logísticas para: el proceso de la fibra de fique partiendo del eslabón de cultivadores hasta la distribución de productos textiles al cliente final y un caso puntual de plant. *Pontificia Universidad Javeriana*, 184.
- Santander, E. C. de F. N. de. (2014). LOS MIL USOS DEL FIQUE.
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, 16, 14–15.
- Soetan, K. O., Oyekunle, M. A., Aiyelaagbe, O. O., & Fafunso, M. A. (2006). Evaluation of the antimicrobial activity of saponins extract of Sorghum Bicolor L. Moench. *African Journal of Biotechnology*, 5(23), 2405–2407.
- Soto, G., & Meléndez, G. (2003). *Taller de Abonos Organicos*.
- Sparg, S., Light, M., & Van, J. (2004). Review. Biological activities and distribution of plant saponins. *Juournal of Ethnopharmacology*, 94, 219–243.

- Tinjacá, B., Slone, V., & Arango, N. (2012). *Alternativas de innovación en productos elaborados en fique por la Asociación de Fiqueros y Artesanos de la Cabuya (ASDEFIARCA), del municipio de Pueblo Rico (Risaralda, Colombia), a partir del aporte creativo y exploratorio que brinda el programa de Dise. EL FIQUE: Fibra Natural que Construye Sociedad.* Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:No+Title#0>
- Universidad Pontificia Bolivariana, & COMPAÑÍA DE EMPAQUES S.A. (2010). Obtención de etanol a partir de jugo de Fique. *Ciencia Y Tecnología Para La Competitividad Del Sector Agropecuario 2002-2010: Ministerio de Agricultura Y Desarrollo Rural*, pp. 66–67.
- Verastegui, M., Sanchez, C., Heredia, N., & Garcia, J. (1996). Antimicrobial activity of extracts of three major plant from the Chihuahuan desert. *Journal of Ethnopharmacology*, 52, 175–177.
- Yokosuka, A., & Mimaki, Y. (2009). *Steroid saponins from the whole plants of Agave utahensis and their cytotoxic activity. Phytochemistry.*
- Zapata, L. (2009). Evaluación Del Jugo De Fique Como Aditivo Ocluser De Aire Y Su Influencia En La Durabilidad Y Resistencia Del Concreto, 9–133.

### **Base de Datos**

Estadísticas Agronet. <http://www.agronet.gov.co/>

Estadísticas FAO. <http://www.fao.org/>

Estadísticas FAOSTAT. <http://www.fao.org/faostat/en/>

Ministerio de agricultura y desarrollo rural (MADR): <https://www.minagricultura.gov.co/>