

**TRANSFORMACIÓN DEL BANANO EN URABÁ:
EXPERIENCIAS PASADAS, INICIATIVAS PRESENTES Y NUEVAS
OPORTUNIDADES DE INDUSTRIALIZACIÓN**

ANA MARÍA GÓMEZ BERRIO

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Administración**

Asesor: JUAN CARLOS DUQUE CARDONA

**MEDELLIN
UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN
2011**

Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 3 |
| 1. Metodología..... | 9 |
| 2. Marco conceptual | 13 |
| 2.1. Generalidades del banano <i>Cavendish</i> | 13 |
| 2.1.1. Origen | 13 |
| 2.1.2. Morfología y taxonomía..... | 14 |
| 2.1.3. Cadena productiva del banano en Colombia | 16 |
| 2.1.4. Producción mundial y balanza comercial del banano..... | 26 |
| 2.2. Generalidades de la transformación de banano <i>Cavendish</i> | 31 |
| 3. Productos de banano con mayor valor agregado y aceptación comercial | 34 |
| 3.1. Etanol combustible o bioetanol | 36 |
| 3.2. Alimentos funcionales para humanos | 40 |
| 3.3. Fibras naturales para materiales compuestos, papel o textiles | 44 |
| 4. Experiencias e iniciativas de transformación de banano <i>Cavendish</i> en Colombia..... | 48 |
| 4.1. Experiencias pasadas de transformación de banano | 48 |
| 4.1.1. Producción de etanol..... | 48 |
| 4.1.2. Otras iniciativas pasadas | 51 |
| 4.2. Iniciativas actuales de transformación en Colombia | 51 |
| 4.2.1. Producción de fibras naturales..... | 51 |
| 4.2.2. Harina de banano..... | 55 |
| 4.2.3. Diversos productos alimenticios | 57 |
| 4.3. Potencialidades de transformación en Urabá | 58 |
| 4.3.1. Tecnologías disponibles..... | 59 |
| 4.3.2. Brecha tecnológica actual | 59 |
| 4.3.3. Posibles actores involucrados..... | 59 |
| Conclusiones | 61 |
| Bibliografía..... | 64 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Personas entrevistadas durante la investigación | 10 |
| Cuadro 2. Clasificación taxonómica del banano | 14 |
| Cuadro 3. Top 10 - Países productores de banano en 2008 | 27 |
| Cuadro 4. Top 10 - Países exportadores de banano en 2008 | 28 |
| Cuadro 5. Top 10 - Países importadores de banano en 2008 | 28 |
| Cuadro 6. Top 10 - Destinos de exportación de banano colombiano en 2008 | 29 |
| Cuadro 7. Mapeo de patentes de banano..... | 34 |
| Cuadro 8. Producción de Alcohol en Colombia en 2010..... | 40 |

Índice de ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Morfología de una planta de banano <i>Cavendish</i> | 15 |
| Ilustración 2. Cadena productiva del banano en Urabá | 17 |
| Ilustración 3. Proceso productivo de banano de exportación..... | 18 |
| Ilustración 4. Empacadora y pallet de cajas con banano <i>Cavendish</i> para exportación | 21 |
| Ilustración 5. Buque bananero en el golfo de Urabá | 22 |
| Ilustración 6. Mapa de flujo comercial de exportaciones colombianas de banano <i>Cavendish</i> | 30 |
| Ilustración 7. Distribución de la biomasa en la planta de banano | 31 |
| Ilustración 8. Productos derivados del banano | 32 |
| Ilustración 9. Productos derivados de la fruta de banano | 32 |
| Ilustración 10. Productos derivados de la fruta madura de banano | 33 |
| Ilustración 11. Bashoufu - Tela de fibra de banano para kimonos de verano | 45 |
| Ilustración 12. Estado actual de la Planta de alcoholes de Urabá | 50 |
| Ilustración 13. Artesanas y productos de la Fundación Manos de Urabá | 54 |
| Ilustración 14. Etiqueta y empaques del Licor de banano..... | 57 |

RESUMEN

El cultivo y exportación del banano *Cavendish* es una de las actividades económicas agrícolas más tradicionales e importantes en Colombia, después del café y las flores. Esta cadena se ha especializado y ganado eficiencia en la producción y comercialización de la fruta fresca, dejando de lado la investigación y desarrollo de productos con mayor valor agregado, a partir de la fruta misma o de otras partes de la planta de banano. La presente investigación pretende identificar aquellos productos de banano con valor agregado y mayor oportunidad en el mercado actual, así como los factores que más han influido en el letargo del sector bananero respecto la industrialización.

El documento inicia contextualizando el sector bananero en Colombia, desde sus aspectos taxonómicos y nutricionales, pasando por el proceso productivo y hasta la balanza comercial de la fruta fresca de banano en el mundo. Posteriormente se describen los productos, con valor agregado, desarrollados a partir de banano, con potencialidad en Colombia, identificados a través de un mapeo de patentes y la revisión bibliográfica focalizada. También se presentan distintas experiencias pasadas e iniciativas presentes de industrialización de productos de banano, las cuales a través de entrevistas directas a personas involucradas con las iniciativas o con la actividad bananera, permitieron identificar los factores condicionantes de esta transformación.

Palabras clave: banano, productos transformados, biocombustibles, fibra de banano, alimentos funcionales.

ABSTRACT

Cavendish banana growing and export is one of the most traditional and important agricultural economic activities in Colombia, after coffee and flowers. The value chain has focused in the fresh fruit production and commercialization and important efficiency gains have been achieved in those fields. However, research and development of value added products from banana fruit and plants has been set aside. This research aims to identify value added products from banana and market opportunities for them, based on main weaknesses of banana industry processes.

First of all, a contextualization of the banana industry in Colombia has been made in this paper, from taxonomic and nutritional features to the production process and world trade of banana fresh fruit. Furthermore, potential value added products made from banana have been identified and described, based on literature review and mapping of patents. At last, different currently initiatives and past experiences of banana production are shown through direct interviews with relevant people involved in the banana industry, which helped to identify the main triggers of the industry evolution process.

Keywords: banana, processed products, biofuels, banana fiber, functional foods.

Introducción

El cultivo y exportación del banano *Cavendish* es una de las actividades económicas agrícolas más tradicionales en Colombia. Originalmente establecida en el departamento de Magdalena, esta cadena productiva se extendió y fortaleció en la región del Urabá antioqueño, en sus eslabones de producción y comercialización de fruta fresca, así como los servicios de apoyo pertinentes (ej. transporte, logística, control fitosanitario, manejo ambiental, entre otros); con destino a mercados internacionales. La producción de banano para exportación representa para Colombia: ventas por US\$700 millones al año, el 3% de las exportaciones totales, el 7.67% del PIB agropecuario y el 0,4% PIB total; siendo Urabá la principal zona productiva con 33.500 hectáreas cultivadas y una producción de 71 millones de cajas al año, donde se generan alrededor de 28.000 empleos directos y 84.000 indirectos(AUGURA, 2011).

Respecto al eslabón transformador de la cadena productiva del banano, la situación es muy distinta y sin cifras significativas para la industria nacional. Se compone por un reducido grupo de microempresas de alimentos procesados y unas cuantas iniciativas para la generación de productos de mayor valor agregado, que no han logrado trascender los laboratorios o pruebas piloto. La bibliografía de la cadena productiva de banano en Colombia hace referencia básicamente a tres fases del proceso: la producción, el transporte y la comercialización de la fruta fresca, sin profundizar en las demás ramas de la cadena relacionadas con la investigación y el desarrollo aplicados.

Son múltiples los productos transformados que pueden surgir a partir del banano, desde alimentos procesados (chips, harinas, deshidratados, conservas y pulpas) y artesanías de fibra, hasta productos que implican mayor investigación e infraestructura como biocombustible y alimentos funcionales con alto valor farmacéutico y nutricional.

El gremio bananero antioqueño se caracteriza por la pasión y perseverancia de sus empresarios, sin embargo no son claras las razones del poco desarrollo de su eslabón transformador. La posición de los productores, las comercializadoras, el gremio y demás instituciones es difusa, y por tratarse de los principales actores económicos de la región, pueden ser considerados como los stakeholders naturales de las iniciativas para la industrialización. Conocer cuáles son las causas de su aparente apatía, permitirá definir políticas y estrategias que contribuyan para que este eslabón prospere en Urabá y en Colombia, especialmente en épocas de reveses económicos, cuando las tasas de cambio fluctúan drásticamente o el mercado internacional tiene sobreoferta de fruta, y los bananeros comienzan a dudar sobre la conveniencia de tener tan poco diversificada su actividad o mantenerse en este negocio.

Urabá ha sido por mucho tiempo una región violenta, territorio deseado por los diferentes actores armados ilegales existentes en Colombia (guerrilla, paramilitares, narcotraficantes, contrabandistas, etc.), debido a sus riquezas naturales y por supuesto a su posición geoestratégica. En la actualidad la región vive en relativa tranquilidad, pero sus habitantes continúan siendo población vulnerable; donde su estabilidad económica y de orden público depende en su mayoría de la estabilidad del sector bananero, como el principal generador de empleo e ingresos.

Los resultados de esta investigación pueden ser la línea base para formular estrategias locales, departamentales y nacionales que favorezcan: el surgimiento de nuevas actividades económicas lícitas, conexas al sector bananero, y el desarrollo de productos con mayor valor, como iniciativas que diversifiquen de la vocación productiva regional, además generen nuevos y mejores puestos de trabajo para la población de Urabá.

Objetivo general

Caracterizar el eslabón transformador de la cadena productiva del banano en Colombia, identificando los productos de mayor valor agregado y demanda con mejor potencial competitivo en la región de Urabá y los factores que han condicionado el desarrollo de dicho eslabón, por medio de la interacción directa con los principales actores de la cadena productiva en esta región, que permita formular estrategias que favorezcan iniciativas futuras de industrialización.

Objetivos específicos

- Plantear los 3 productos de mayor valor agregado y aceptación comercial, producidos a partir del banano *Cavendish*.
- Identificar las potencialidades de desarrollo y transformación en Colombia, de los productos de banano con mayor valor agregado planteados.
- Diagnosticar los factores que han condicionado la industria de productos de banano con valor agregado en la subregión de Urabá.

1. Metodología

La presente investigación es *no experimental* desarrollada como un estudio descriptivo de la actividad económica bananera, con hincapié en la transformación del banano (fruta y planta) en productos de mayor valor agregado. El proceso investigativo consistió en dos grandes fases: la primera fue una revisión documental y estado del arte de la transformación de banano, y la segunda fue la indagación directa con personas involucradas con la transformación del banano en la región de Urabá.

Para la revisión documental y el estado del arte, se utilizaron las siguientes técnicas de vigilancia tecnológica:

➤ **Consulta de base de datos especializadas**

Las bases de datos especializadas en banano, utilizadas en esta investigación, son de acceso gratuito por Internet, y referenciadas en la página web de AUGURA:

AUGURA: su Centro de Documentación cuenta con colecciones de libros, publicaciones seriadas, tesis, memorias de reuniones e informes técnicos y de instituciones del sector en papel, o medio electrónico; cartografía de la zona bananera de Urabá; archivo de prensa sobre la actividad bananera, Augura y las regiones productoras colombianas; videoteca sobre la región de Urabá y la actividad bananera; fototeca sobre la actividad bananera, la zona de Urabá y actividades de la Asociación. El catalogo bibliográfico está disponible en:

<http://orton.catie.ac.cr/AUGURA.htm>

Musalit es la base de datos bibliográfica de la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y Plátano, INIBAP; que contiene más de 9.231 resúmenes sobre bananos y plátanos y cubre varias áreas temáticas como lo son la agronomía, mejoramiento, protección de cultivos, micropropagación,

enfermedades y plagas, fisiología de la fruta, postcosecha. Esta información está disponible en: <http://www.musalit.org/index.php?lang=es>

➤ **Mapeo de patentes**

Los mapas tecnológicos presentan gráficamente, de forma sintética, las tecnologías más investigadas y, en consecuencia, se ha publicado y patentado más en un período determinado. Además de los aspectos técnicos (tipo de producto, fundamentos científicos utilizados, etc.) los mapas de patentes permiten identificar los actores involucrados en dicha tecnología (ej. investigadores, instituciones y empresas patrocinadoras, etc.), mercados potenciales según origen y destinos de las empresas patrocinadoras, entre otras.

El mapeo se realizó utilizando una licencia demostrativa del software Matheo Patent 9.5, solicitada a la casa desarrolladora de este software. Esta información está disponible en:

<http://www.matheo-patent.com/home.asp>

En segunda fase de la investigación, de indagación directa, se realizaron entrevistas a personas (listadas en el Cuadro 1), involucradas con el sector bananero en Urabá e iniciativas de transformación del Banano.

Cuadro 1. Personas entrevistadas durante la investigación

| Nombre | Empresa/Entidad | Perfil |
|------------------------|------------------------------------|---|
| Robín Zuluaga Gallego | Universidad Pontificia Bolivariana | Docente Investigador del Grupo de Investigación Sobre Nuevos Materiales (GINUMA) y Grupo de Investigaciones Agroindustriales. |
| Darío Hincapié Ramírez | Fundación Social Corbanacol | Ex – director de la fundación social, y promotor de la iniciativas de transformación del banano y plátano en Urabá. |

| Nombre | Empresa/Entidad | Perfil |
|----------------------------------|-----------------------------|--|
| Luis Alfonso Osorio Betancur | Corporación Banacol | Director de Investigación & Desarrollo. Actual responsable de las iniciativas de transformación, comenzadas por Corbanacol. |
| Rodolfo Aquileo Paredes Alvarado | Ingeniero de Procesos | Ex – investigador de las iniciativas de transformación comenzadas por Corbanacol. |
| Marco Tulio Calvo Sánchez | AUGURA | Asistente de presidencia, coordina el grupo temático para producción de biocombustibles a partir de banano. |
| Santiago Gutiérrez Botero | C.I. Uniban | Gerente de Manufactura, responsable de la planta de snacks de plátano y banano, así como otras plantas manufactureras de Uniban. |
| Gildardo Gómez Correa | Agropecuaria Terranova S.A. | Productor bananero de la Zona de Urabá. |

Los cuestionarios utilizados en las entrevista se estructuraron, abordando preguntas de contexto de la investigación sobre productos de banano, la tecnología desarrollada o utilizada, el papel interinstitucional y gremial, así como los resultados y perspectivas de las investigaciones. El siguiente corresponde al cuestionario básico, que fue ajustado para cada una de las entrevistas realizadas:

Contexto de la investigación:

- 1) ¿Cómo y cuándo surgió el tema de investigación de fibras de musáceas en la entidad?
- 2) ¿Cuáles son las grandes potencialidades de los subproductos de banano?
- 3) ¿y en Colombia?
- 4) El aprovechamiento en Colombia aún es poco ¿Por qué se da esta situación?

Tecnología

- 5) Volviendo a su investigación ¿cuáles son los usos finales de las fibras de banano en las que se concentra la investigación?

- 6) En su opinión ¿qué tan compleja es la tecnología necesaria para procesar las fibras de banano?
- 7) ¿La tecnología utilizada está siendo desarrollada a la medida o es tecnología común con métodos de producción a la medida?
- 8) ¿En qué punto se encuentra el desarrollo de esta tecnología?
- 9) ¿Cuáles podrían ser las razones por las que esta investigación aun no trasciende a la escala industrial?

Papel interinstitucional

Esta es sin duda un claro ejemplo de investigación aplicada:

- 10) ¿Cuál ha sido la participación de instituciones estatales?
- 11) ¿Cuáles instituciones privadas han participado?
- 12) ¿Qué papel ha jugado cada una?
- 13) ¿Cuál ha sido la participación de AUGURA?
- 14) ¿Cuál ha sido la participación de los productores bananeros en esta investigación?
- 15) ¿Cuál ha sido la participación de las comercializadoras internacionales de banano?
- 16) En sus artículos también se percibe colaboración de instituciones internacionales ¿Quiénes son?
- 17) ¿En qué ha consistido su apoyo?

Resultados y perspectiva

- 18) ¿Cuáles han sido los resultados más importantes de la investigación?
- 19) ¿Cuáles empresas han mostrado interés por industrializar su investigación?
- 20) ¿Se ha avanzado al respecto?
- 21) ¿En cuánto tiempo estima que se podría dar uso comercial y masivo a las aplicaciones de nombre de producto?

2. Marco conceptual

2.1. Generalidades del banano *Cavendish*

2.1.1. Origen

La palabra banano es de origen africano, pero el cultivo de esta fruta tiene su inicio en las regiones húmedas tropicales del suroeste asiático, simultáneamente en Malasia e Indonesia; de ahí se extendió al resto del sur de Asia. En estos lugares, las variedades sin semilla, de consumo doméstico, se encontraban en estado silvestre, donde los nativos usaban la fruta como alimento y las hojas como envoltura o fuente de fibra. Las primeras referencias sobre el banano datan del siglo III a.C en la literatura hindú, pero en Roma y China sólo aparecen hasta el 77 y 200 d.C. respectivamente (Soto, 1991).

En África, fueron los árabes quienes introdujeron el banano durante sus expediciones y para el siglo XV ya había cultivos establecidos en la región occidental del continente, cuando llegaron los colonizadores europeos. En el Mediterráneo se le conoció en el siglo VII, pero solo hasta el siglo XIV los navegantes portugueses lo introdujeron en las Islas Canarias y otros territorios bajo su dominio. Desde estas islas, en 1517, un sacerdote lo llevó al continente americano, concretamente a Santo Domingo y lo plantó con éxito, para extenderse posteriormente por todas las tierras bañadas por el Mar Caribe (Soto, 1994). Las primeras siembras comerciales de banano en América, se llevaron a cabo en Jamaica y Panamá antes de 1866, y Costa Rica en 1872 (Soto, 1991).

2.1.2. Morfología y taxonomía

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del banano

| | |
|-----------------|------------------------------|
| Reino: | <i>Plantae</i> |
| División: | <i>Magnoliophyta</i> |
| Clase: | <i>Liliopsida</i> |
| Orden: | <i>Zingiberales</i> |
| Familia: | <i>Musaceae</i> |
| Género: | <i>Musa</i> |
| Especie: | <i>M. paradisiaca</i> |
| Nombre binomial | <i>Musa x paradisiaca L.</i> |

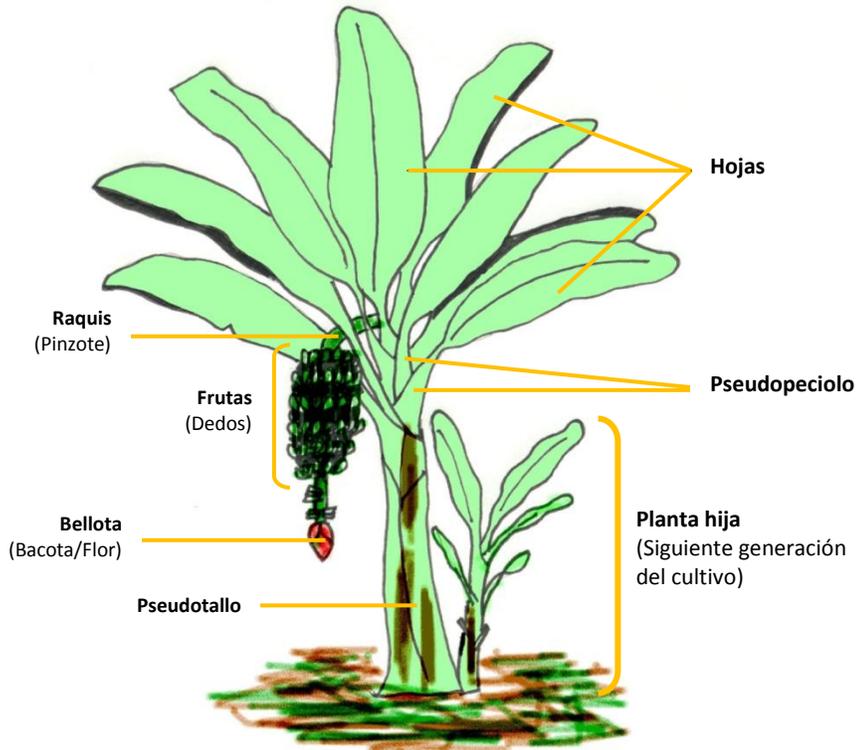
Fuente: Wikipedia, Febrero de 2011.

La planta de banano es una planta herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente¹ cónico de 3,5-7,5 m de altura, terminado en una corona de hojas.

Como lo describe Soto, “su inflorescencia nace a partir del rizoma, que emerge del centro del pseudotallo en posición vertical como un gran capullo púrpura o violáceo (bellota o bacota) que se descuelga entre las hojas hacia suelo, soportado por el raquis. Al abrirse, revela una estructura en forma de espiga sobre el raquis, dispuestas en espiral como hileras dobles de flores, en manojos de 10 a 20 (manos). A medida que las flores se desarrollan (sin polinización), se transforman en los frutos dactiliformes, que tardan entre 90 y 120 días para ser cosechados” (Soto, 1991).

¹ El tallo aparente o pseudotallo resulta de la unión de las vainas foliares.

Ilustración 1. Morfología de una planta de banano *Cavendish*



Fuente: Elaboración propia a partir de (Soto, 1991).

El banano es considerado una fruta básica en la alimentación debido a su bajo precio, buen sabor, disponibilidad de cosecha todo el año, variedad en recetas y usos culinarios, y sobre todo por alto valor nutritivo en potasio, hierro y vitamina K. En 2008 alcanzó un consumo per cápita de 10.83 kg. (FAO, 2011)², siendo especialmente valorado en países desarrollados donde hace parte de su canasta familiar. A continuación se presenta la información nutricional promedio de una porción de banano fresco de 118g de peso y una longitud de 17 cm aproximadamente.

²Se tomaron los datos del 2008, por ser el último año que presenta la mayor cantidad de información consolidada en dicho sistema. Aun no se terminan de recabar información de 2009 y 2010.

| INFORMACIÓN NUTRICIONAL | | | |
|--|-----------|---------------------|------------|
| Tamaño por porción 17cm y 118g | | | |
| Porciones por envase 1 | | | |
| Cantidad por porción | | | |
| Calorías 105 | | Calorías de grasa 3 | |
| Valor diario* | | | |
| Grasa total 0g | | 1% | |
| Grasa Saturada 0g | | 1% | |
| Grasa Trans 0g | | | |
| Colesterol 0mg | | 0% | |
| Sodio 1 mg | | 0% | |
| Carbohidratos totales 27 g | | 9% | |
| Fibra dietaria 3g | | 12% | |
| Azúcares 14 g | | | |
| Proteína 1 g | | | |
| Vitamina A | 2% | Vitamina C | 17% |
| Calcio | 1% | Hierro | 2% |
| *Los porcentajes de Valores dietarios están basados en una dieta diaria de 2000 calorías. Sus valores diarios pueden ser mayores o menores dependiendo de sus necesidades calóricas. | | | |

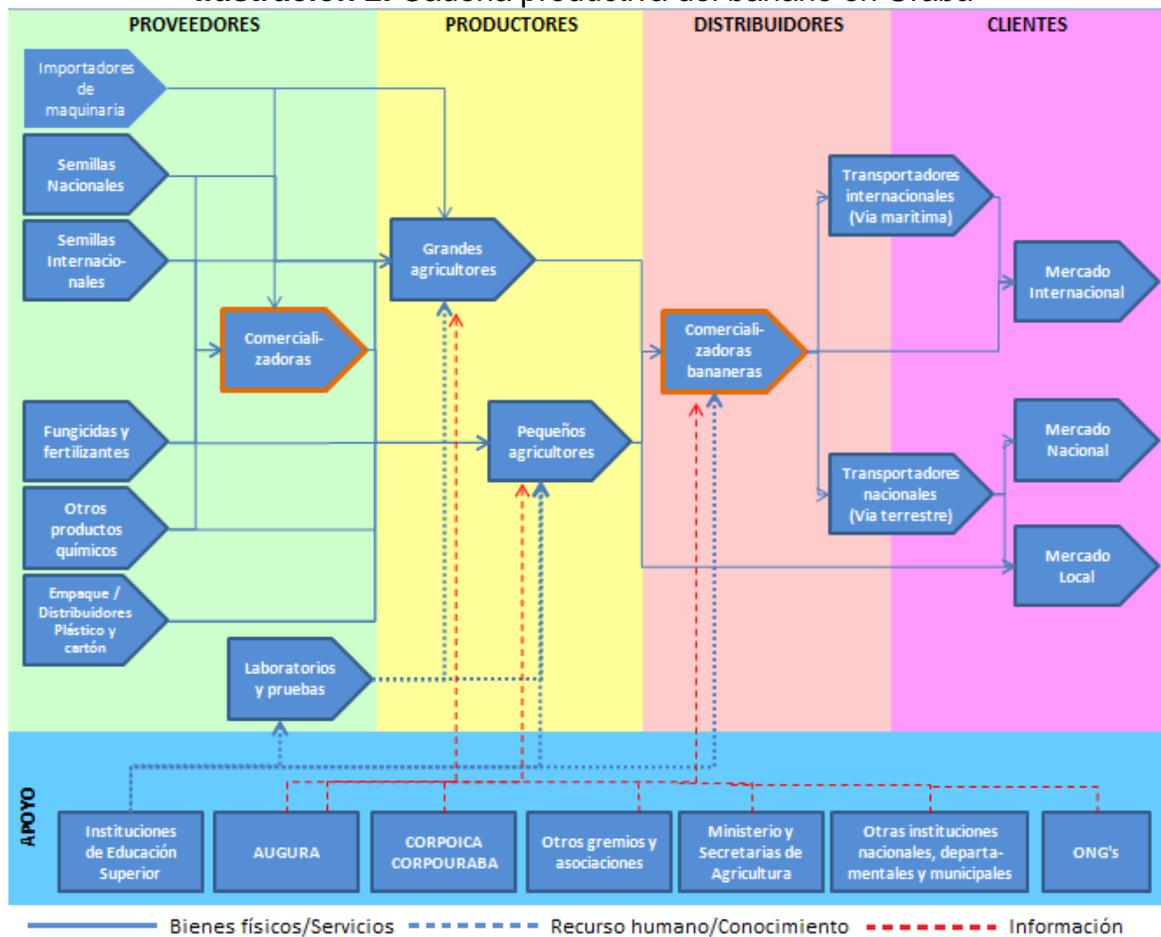
Traducción a partir de (NutritionData, 2011).

2.1.3. Cadena productiva del banano en Colombia

La producción de banano en Colombia comenzó en la costa atlántica, concretamente en el municipio de Ciénaga, departamento de Magdalena, y la primera exportación de fruta fresca sucedió en octubre de 1811 desde el puerto de Santa Marta hacia Nueva Orleans, en Estados Unidos (Roldán, Salazar, González, & Peña, 2004). En la década de los sesenta, comienza la siembra comercial de banano *Cavendish* en la región de Urabá en el departamento de Antioquia (Roldán, Salazar, González, & Peña, 2004), convirtiéndose en la principal zona productora en la actualidad.

En la Ilustración 2 se identifican las relaciones entre los diferentes actores de la Cadena productiva del banano en Colombia y el tipo de contenido de dicha relación, es decir, si se intercambian bienes físicos, conocimiento o recursos humanos o si intercambian información (GEDE, 2007). Los productores se clasifican en pequeños y grandes agricultores, con una alta dependencia de las comercializadoras internacionales, que hacen las veces de proveedores de insumos para la producción agrícola y distribuidores de la fruta en los mercados internacionales.

Ilustración 2. Cadena productiva del banano en Urabá



Fuente: Elaboración propia a partir de (GEDE, 2007).

➤ Producción

El cultivo de banano tiene su desarrollo óptimo en la zona intertropical (latitud 30 grados norte y 30 grados sur de la línea ecuatorial), a una altitud entre 0 a 300 m.s.n.m.³, en terrenos con las siguientes características ambientales promedio:

- Temperatura: 27 a 29.5 °C
- Niveles de precipitación entre 2000 a 3000 mm de lluvia a lo largo del año.
- Brillo solar constante
- Viento con velocidades entre 20 a 30 Km/h
- Suelos de tipo franco, planos, profundos y con buen contenido de nutrientes.

El proceso productivo del banano *Cavendish* consta de varias etapas, comenzando con la siembra o establecimiento del cultivo, y finalizando con el empaque para su comercialización a los mercados internacionales, tal como se resume en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Ilustración 3. Proceso productivo de banano de exportación



Fuente: Elaboración propia a partir de (Soto, 1991). Fotografías tomadas por Gildardo Gómez Correa en la finca Bananova, Urabá 2006 a 2011.

³ m.s.n.m. es la abreviatura utilizada para unidad de medida “metros sobre nivel del mar”.

El objetivo de la siembra como primera etapa es llevar las características físicas, químicas y biológicas del suelo a los niveles adecuados para garantizar el desarrollo óptimo del cultivo (BANATURA, 2007). Inicia con la eliminación de la vegetación o cultivos previos y el aplanado las irregularidades del suelo, continua con el trazado de los canales de drenaje (que mantendrán la humedad óptima del suelo) e instalación de los cable vías (por los que se transportarán los insumos para el cultivo y los racimos cosechados), y termina con la selección del clon (variedad de banano), y la siembra misma de las plántulas seleccionadas (cantidad y ubicación de plantas en el terreno).

La segunda etapa es el cultivo, que corresponde a las labores de mantenimiento de la plantación, para garantizar una cosecha constante y eficiente. El control de hierbas, insectos y microorganismos nocivos, control de la densidad de plantas productivas (para evitar competencia de luz), la fertilización oportuna y constante, así como el embolse y apuntalado de los racimos, favorece la calidad de la fruta para mayor aprovechamiento en el empaque. El oportuno manejo del cultivo garantiza un adecuado estado fisiológico de la plantación y extender la vida productiva una siembra hasta por 20 o 30 años.

El banano es una fruta que se cosecha verde, en un punto cercano a su madurez fisiológica, de ahí que la cosecha sea la etapa más delicada del proceso productivo, comenzando con su programación, para lograr el máximo aprovechamiento de fruta y la calidad para satisfacer los mercados internacionales. La determinación del momento de cosecha depende de diversos factores como: la distancia del mercado internacional, la relación oferta-demanda, el tipo de clon sembrado, el estado fisiológico de la plantación, el clima. Las operaciones realizadas en esta etapa comprenden desde la estimación de producción semana por semana (según los racimos protegidos durante el cultivo), la medición del grado de corta (verificando las medidas de la fruta) y el corte del racimo (que implica el corte del pseudotallo de la planta). El racimo cortado es

colgado en garruchas dispuestas en el cable-vía y halado hasta la planta empacadora.

El empaque es la etapa final del proceso productivo, cuyas actividades comienzan una vez el tren de racimos llega al patio de fruta, donde cada racimo es pesado y se le realiza otra verificación de longitud y grosor de la fruta, los gajos (o manos) son separados del raquis y puestos en unas piscinas para su lavado y tratamiento, en las que se remueven impurezas. Cada mano es puesta sobre bandejas, para ser rotulada con etiquetas adhesivas de la empresa comercializadora, que distingue la marca, calidad, país de origen y mercado destino. El empaque, propiamente dicho, consiste en acomodar varios gajos en una caja (de cartón), hasta completar un peso neto aproximado de 18.14 kg, de tal forma que la fruta no sufra deterioro durante el transporte. El palletizado es la actividad final, que consiste en agrupar sobre una estiba (de madera tratada), 48 cajas de banano, en tendidos de 6 unidades, para un total de 8 tendidos, amarradas con 4 esquineros y zunchos plásticos para organizar el pallet, como se observa en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Las etapas de cosecha y empaque del banano *Cavendish* responden a un sistema de producción lineal acompasado por operarios (Miltemburg, 1996), donde la fruta se mueve a través de una línea específica, conformada por cable-vías, piscinas y bandas transportadoras. Los operarios realizan labores específicas en la empacadora, aunque pueden estar entrenados para realizar distintas labores de empaque y de cultivo. Los equipos y tecnología empleada son en su mayoría balanzas de precisión y sistemas de aspersion, sin sistemas integrados de control electrónico. Las instalaciones son tradicionalmente en espacios abiertos, para facilitar la ventilación y aprovechar la luminosidad natural, disminuyendo el consumo eléctrico de la planta.

Ilustración 4. Empacadora y pallet de cajas con banano *Cavendish* para exportación



Fuente: Fotografías tomadas por Gildardo Gómez Correa en la finca Bananova, Urabá 2011.

➤ Transporte

Las dos zonas productoras de banano *Cavendish* en Colombia son costeras, y el transporte marítimo es el utilizado para llevar la fruta a los mercados internacionales. No obstante el transporte desde las fincas productoras hasta el barco es diferente en ambas zonas.

En Santa Marta, los pallets de banano se llevan en camión directamente hasta el puerto, donde los buques esperan para ser cargados. Mientras en Urabá, la fruta es llevada hasta puertos fluviales, o embarcaderos, donde los pallets son puestos en planchones o bongos, que son tirados por un remolcador a través de canales y del golfo de Urabá donde los buques cargueros se encuentran fondeados para la carga como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Los buques bananeros son barcos de carga, ligeros, rápidos y altamente automatizados, con bodegas de atmosfera controlada (temperatura y renovación de aire) para evitar la maduración de la fruta por calor, concentración de CO₂ y etileno. También se utilizan buques porta-contenedores convencionales, siendo

los contenedores los que están especialmente equipados con dispositivos de control de temperatura y ventilación; y son cargados directamente en las plantas empacadoras de las fincas, con mejor eficiencia de espacio.

Ilustración 5. Buque bananero en el golfo de Urabá



Fuente: Fotografía tomada por Fabio Herrera, Coordinador de Servicios Científicos – INVEMAR, publicada en la página web http://www.invemar.org.co/pgimágenes_galltem.jsp?idGal=40&item=2

➤ **Organización**

Por mucho tiempo las fincas bananeras concentraron en un mismo lugar la producción, la administración y la residencia de trabajadores, administradores y propietarios. Cerca a las plantas empacadoras, se establecía el campamento de trabajadores, donde ellos y sus familias vivían en instalaciones pequeñas con servicios públicos de baja calidad y pocas alternativas de transporte público, que dificultaba su acceso a servicios de salud o educación. Separados de sus empleados pero aun en inmediaciones de las fincas, algunos dueños vivían en casas cómodas, con suministro permanente de electricidad y agua, provistos de transporte particular siempre disponible.

A medida que el orden público de la región fue empeorando, se produjo un éxodo de las fincas bananeras, los primeros en cambiar de residencia fueron los dueños,

quienes se ubicaron en ciudades como Medellín y Bogotá. Con el recrudecimiento de la violencia, los trabajadores y sus familias se asentaron en veredas y cascos urbanos de Apartadó, Carepa, Chigorodó y Turbo. Las funciones organizativas se dividieron, la operación quedó en el campo y la administración comenzó a realizarse desde oficinas en las zonas urbanas o desde Medellín, la comunicación se daba principalmente vía radio-teléfono, teléfono fijo o fax.

Actualmente, la operación de una finca bananera se realiza a un solo turno, de 6:00 a.m. a 4:30 p.m. cuando sus trabajadores llegan y salen respectivamente a la empaedora y el cultivo, en transporte contratado por la empresa. Sus áreas administrativas funcionan de lunes a viernes en el denominado horario de oficina (8:00 a.m. a 6:00 p.m.), y gracias a la incorporación de tecnologías de información (sistemas en línea) y de comunicación (internet y telefonía celular), le han permitido a las empresas bananeras coordinar con más facilidad sus funciones, venciendo las distancias y amentando su eficiencia operativa.

En 1963, los empresarios bananeros decidieron agruparse para tener un ente que los representara, dirigiera y velara por el desarrollo armónico de la producción y exportación de banano, conformado la Asociación de Agricultores de Urabá. En 1994, esta organización se convierte en el interlocutor ante el Gobierno Nacional y se transforma en AUGURA Asociación de Bananeros de Colombia, agremiando a productores y comercializadoras internacionales en ambas regiones bananeras colombianas (Urabá y Santa Marta). (AUGURA, 2011).

También en la década del 60, otro grupo importante de empresarios decidió independizarse del monopolio de las corporaciones extranjeras (ej. Chiquita, Dole) y formaron, el 26 de enero de 1966, a la empresa UNIBAN - Unión de Bananeros de Urabá S.A., con el propósito de vender su fruta en los mercados internacionales (UNIBAN, 2011). Posteriormente, en 1980 nace otra empresa colombiana como comercializadora internacional de banano, Banacol S.A. A la

fecha, han surgido otras comercializadoras bananeras más pequeñas, pero autónomas, tanto en producción como en sus transacciones comerciales (ej. Banafrut, Tropical); todas ellas conviven en el sector con las grandes comercializadoras transnacionales (ej. Dole, Delmonte), representadas por empresas locales (ej. Tecbaco, Conserba).

Las actividades que desarrollan las comercializadoras en virtud de su objeto social están integradas verticalmente desde la producción, ya sea en cultivos propios o de agricultores independientes asociados a ellas, hasta la comercialización de la fruta fresca. Algunas de ellas también cuentan con fábricas de cartón, fábricas de polietileno y polipropileno, almacenes de insumos, empresas de servicios especializados en: fumigación aérea para el control de la Sigatoka negra, manejo integral de transporte fluvial y marítimo, así como la infraestructura de comercialización en el exterior para la distribución directa de la fruta en los países de destino. (Superintendencia de Sociedades, 2005).

Las modalidades de operación entre productores y comercializadoras son diversas, en su mayoría firman contratos de suministro exclusivo (ej. contratos para la exportación de banano, contratos de compraventa y contratos de mandato). El productor dispone de un cupo semanal de entrega de fruta, el cual es asignado por la comercializadora, y unos precios constantes por tipo de embarque, que son acordados semestralmente. El pago es realizado, por la comercializadora al productor, quincenalmente o en la semana subsiguiente al embarque de la fruta (Superintendencia de Sociedades, 2005). En la actualidad, el precio pagado al productor oscila entre US\$6 y US\$6,4 por caja de banano de 18,14 Kg, mientras el precio promedio final en los mercados minoristas de Estados Unidos es US\$1/Kg. (U.S. Department of Agriculture, 2011).

Los materiales y servicios necesarios para el proceso productivo y exportación del banano, deben ser adquiridos o contratados directamente a la comercializadora, la

cual se obliga a venderlos a precios comerciales y competitivos, logrando así economías de escala. El costo de los materiales y servicios se descuenta de la liquidación de embarque respectiva (Superintendencia de Sociedades, 2005).

➤ Entorno social

En Colombia la actividad bananera siempre ha estado asociada a problemas sociales y a inestabilidad en el orden público. Durante en las décadas 70 y 80 las relaciones obrero-patronales en la región de Urabá se tornaron cada vez más tensas y crearon condiciones sociales propicias para la conformación de guerrillas comunistas (EPL, ELN y las FARC) que afirmaban luchar y defender los interés de las poblaciones menos favorecidas. Comenzó una época de violencia extrema en que se extorsionaba y asesinaba a dueños, administradores y trabajadores de fincas bananeras, a ganaderos y comerciantes; la fuerza pública no lograba controlar la situación o, en ocasiones, sus integrantes habían sido corrompidos por estas organizaciones ilegales.

En la década del 90, se conformaron grupos paramilitares para contrarrestar el accionar de estas guerrillas comunistas, desatando una guerra fría y sangrienta. Muchas personas fueron víctimas de desplazamiento, desde trabajadores y campesinos, hasta dueños de fincas, comerciantes y empleados públicos. Finalmente los gobiernos departamental y nacional intervinieron, renovando y fortaleciendo la fuerza pública, entendiendo que la posición geoestratégica de esta región, la vuelve particularmente interesante para actividades ilícitas como el contrabando y el narcotráfico.

La primera década del siglo XXI, fue de reestructuración económica y social. Los grupos paramilitares lograron desterrar las guerrillas, y tras un cuestionado proceso de desmovilización, estos grupos también dejaron de operar en Urabá. En la actualidad los problemas de orden público han disminuido y la región vive una relativa calma y estabilidad económica (muy afectada por la revaluación del

peso frente al dólar), y con muchos aspectos problemáticos por resolver, como los describe en su informe, el Grupo de Estudios Empresariales y Desarrollo Económico – GEDE:

- Faltan más tecnologías e incluso ingenierías orientadas a desarrollar capacidades que permitan crecer la industria y, así mismo, mejorar y tecnificar la actividad agrícola de Urabá, a pesar de la creciente oferta de programas académicos de nivel técnico, tecnológico y universitario de la zona.
- La infraestructura vial presenta serios baches, derrumbes y accidentes geológicos, que en épocas de lluvia dejan aislada la región. Parte de sus vías primarias y secundarias tienen la capa asfáltica muy deteriorada e incluso ausente en ciertas partes.
- Los servicios públicos tiene los costos más altos de Antioquia y su calidad es deficiente, especialmente en lo que respecta a agua potable.

Otro aspecto social problemático en Urabá se debe a la limitada oferta de soluciones de vivienda para su población. Debido al crecimiento desordenado de sus cascos urbanos durante los años de violencia, los asentamientos se hicieron sin condiciones habitacionales apropiadas y legales.

2.1.4. Producción mundial y balanza comercial del banano

Para 2008, el banano registró una producción de 93'390,721 de toneladas métricas (tm) y 4'834,774 hectáreas de área cosechada en todo el mundo, siendo el principal cultivo de frutas, seguido por las manzanas (69'819,324 tm), naranjas (68'599,338 tm) y uvas (66'643,404 tm) (FAO, 2011).

El Cuadro 3 muestra los principales productores de banano en el mundo. Si bien India, China y Brasil son grandes productores también son mayoritariamente autoconsumidores de su fruta, y por tanto no tienen una gran participación en el

mercado internacional de banano *Cavendish*. Estas cifras de producción suministradas por la FAO, consideran tanto la cantidad del producto vendido en el mercado (producción comercializada) como la cantidad consumida o utilizada por los productores (autoconsumo) (FAO, 2011).

Cuadro 3. Top 10 - Países productores de banano en 2008

| Rank | País | Cantidad (toneladas) | Valor (en miles USD) | Consumo (kg/cápita/año) |
|-----------|-----------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 | India | 3,736,184 | 26,217,000 | 15.93 |
| 2 | China | 1,146,165 | 8,042,702 | 5.65 |
| 3 | Filipinas | 1,114,265 | 8,687,624 | 47.27 |
| 4 | Brasil | 997,306 | 6,998,150 | 30.76 |
| 5 | Ecuador | 954,980 | 6,701,146 | 62.85 |
| 6 | Indonesia | 818,200 | 5,741,352 | 21.43 |
| 7 | República Unida de Tanzania | 498,785 | 3,500,000 | 55.11 |
| 8 | México | 307,718 | 2,159,280 | 15.50 |
| 9 | Costa Rica | 295,993 | 2,127,000 | 0.43 |
| 10 | Colombia | 283,253 | 1,987,603 | 3.38 |

Fuente: FAOSTAT – Producción (FAO, 2011).

El mercado internacional absorbe alrededor del 20% de la producción mundial (17'979,651 tm). Los principales exportadores e importadores bananeros se presentan en el Cuadro 4 y el Cuadro 5 respectivamente. Sin duda Ecuador es un caso particular en el mercado de banano, puesto que siendo un país pequeño (comparado con China, India y Brasil) es el quinto productor mundial, tiene un alto consumo per cápita (casi doblando a los países en mención) y es el principal exportador de banano *Cavendish*. Por su parte Estados Unidos, Bélgica y Alemania no producen banano, pero son re-exportadores de fruta fresca y productos procesados de banano, por esta razón también son considerados dentro del top 10 exportador.

Cuadro 4. Top 10 - Países exportadores de banano en 2008

| Ran k | País | Cantidad (toneladas) | Valor (en miles USD) | Valor unitario (USD/tm) | Consumo (kg/cápita/año) |
|----------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | Ecuador | 5,270,690 | 1,626,170 | 309 | 62.85 |
| 2 | Costa Rica | 2,052,640 | 703,031 | 343 | 0.43 |
| 3 | Filipinas | 1,906,780 | 1,084,260 | 569 | 47.27 |
| 4 | Colombia | 1,696,510 | 615,689 | 363 | 3.38 |
| 5 | Guatemala | 1,390,740 | 317,058 | 228 | 3.80 |
| 6 | Bélgica | 1,322,840 | 1,510,460 | 1,142 | 6.72 |
| 7 | Honduras | 605,685 | 170,056 | 281 | 22.30 |
| 8 | Estados Unidos de América | 524,592 | 344,114 | 656 | 10.81 |
| 9 | Alemania | 439,019 | 525,243 | 1196 | 11.54 |
| 10 | Panamá | 366,357 | 98,748 | 270 | 21.77 |

Fuente: FAOSTAT- Comercio: TradeStat - Cultivos y productos de ganadería (FAO, 2011).

Cuadro 5. Top 10 - Países importadores de banano en 2008

| Ran k | País | Cantidad (toneladas) | Valor (en miles USD) | Valor unitario (USD/tm) | Consumo (kg/capita/año) |
|----------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 1 | Estados Unidos de América | 3.976.150 | 1.250.450 | 314 | 10,81 |
| 2 | Bélgica | 1.482.930 | 1.915.400 | 1.292 | 6,72 |
| 3 | Alemania | 1.388.030 | 1.091.220 | 786 | 11,54 |
| 4 | Japón | 1.092.740 | 828.770 | 758 | 6,32 |
| 5 | Federación de Rusia | 1.006.420 | 670.114 | 666 | 6,76 |
| 6 | Reino Unido | 951.242 | 697.224 | 733 | 14,57 |
| 7 | Italia | 703.897 | 559.699 | 795 | 7,93 |
| 8 | Francia | 569.232 | 480.473 | 844 | 4,94 |
| 9 | Canadá | 476.950 | 313.156 | 657 | 14,02 |
| 10 | China | 362.326 | 138.556 | 382 | 5.65 |

Fuente: FAOSTAT- Comercio: TradeStat - Cultivos y productos de ganadería (FAO, 2011).

Como puede apreciarse Colombia es un actor relevante en el mercado internacional de banano, con aproximadamente el 9.5% del exportaciones

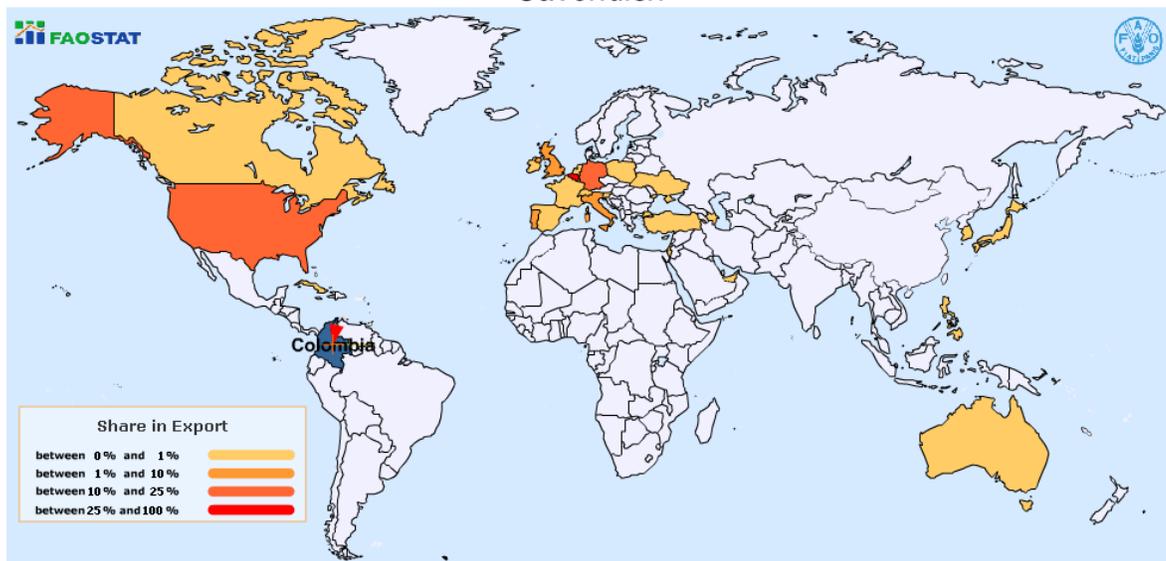
mundiales. Los destinos de la fruta colombiana se muestran en el Cuadro 6 y en la Fuente: **FAOSTAT - Comercio: TradeStat – Flujos detallados de comercio (FAO, 2011)**.

Cuadro 6. Top 10 - Destinos de exportación de banano colombiano en 2008

| Rank | País | Cantidad (toneladas) | Valor (en miles USD) |
|------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1 | Bélgica | 597,218 | 215,546 |
| 2 | Estados Unidos de América | 414,304 | 150,069 |
| 3 | Alemania | 286,969 | 102,340 |
| 4 | Reino Unido | 128,888 | 50,003 |
| 5 | Italia | 114,713 | 42,747 |
| 6 | Portugal | 83,429 | 27,509 |
| 7 | Serbia | 24,929 | 8,395 |
| 8 | España | 16,677 | 6,045 |
| 9 | Eslovenia | 7,588 | 2,510 |
| 10 | Francia | 1,047 | 2,373 |

Fuente: FAOSTAT - Comercio: TradeStat - Matriz detallada de comercio (FAO, 2011).

Ilustración 6. Mapa de flujo comercial de exportaciones colombianas de banano *Cavendish*



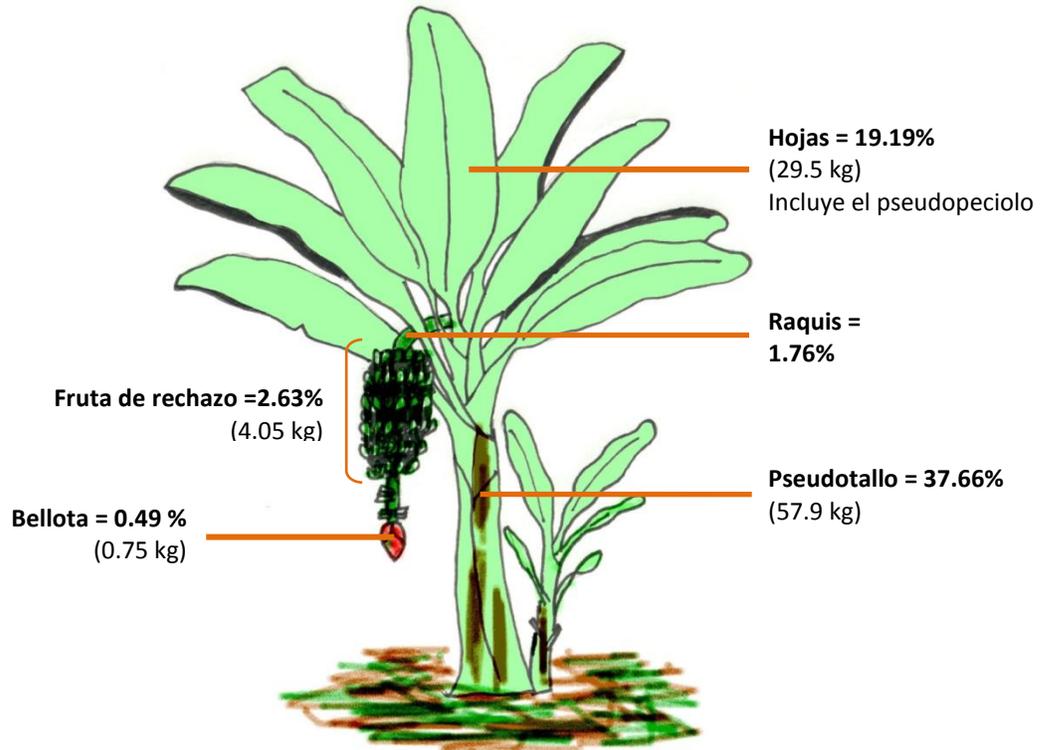
Fuente: FAOSTAT - Comercio: TradeStat – Flujos detallados de comercio (FAO, 2011).

Como todo producto de exportación, el banano debe cumplir estrictas normas de calidad para ser aceptado en los países destino; normas que van desde estándares físicos de la fruta (ej. longitud, grosor, forma, color), pasando por especificaciones técnica (ej. Control de plagas y enfermedades de la plantación, tipos de empaque), hasta regulación sobre seguridad industrial (ej. dotación del personal, instalación de la empresa bananera), manejo ambiental (ej. disposición de residuos sólidos y peligrosos, usos de agua, etc.) y responsabilidad social empresarial (ej. comercio justo, relación con comunidad, etc.).

Estas medidas, si bien son necesarias para garantizar las cualidades nutricionales y organolépticas de la fruta fresca, generan una importante cantidad excedente de fruta no exportable (conocida como banano de rechazo). Según (Zapata Zuluaga & Franco Ocampo, 1999), la fruta óptima para exportación tan solo corresponde al 13,1% del total de la planta, los pesos y porcentajes de las demás partes de la planta se detallan en la Fuente: **Elaboración propia a partir de (Zapata Zuluaga & Franco Ocampo, 1999) y**

(Che Ahmad, 1998).

Ilustración 7. Distribución de la biomasa en la planta de banano

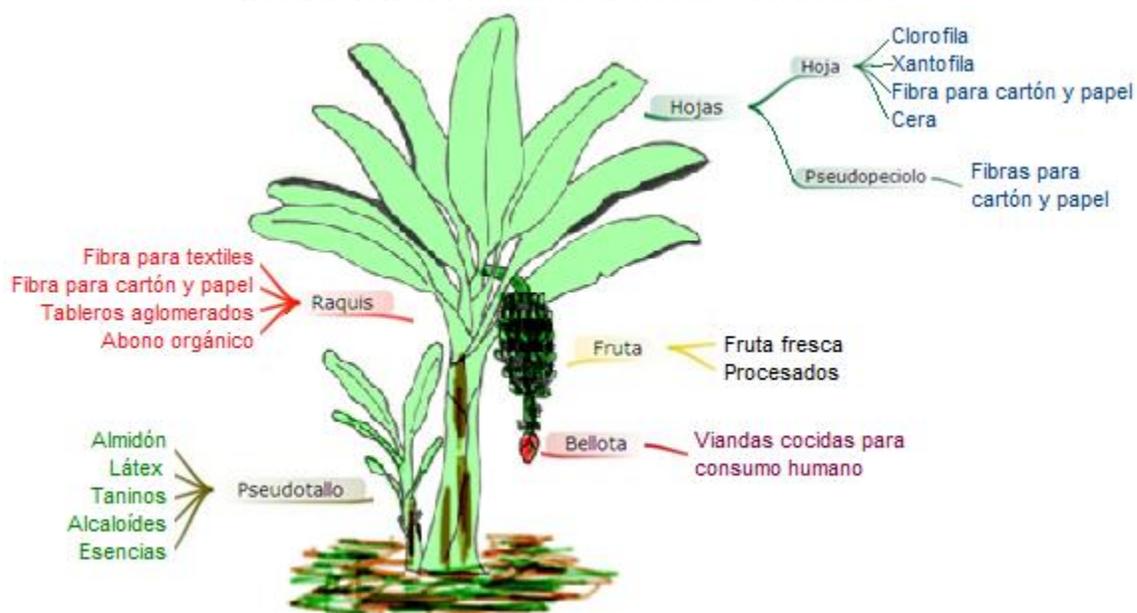


Fuente: Elaboración propia a partir de (Zapata Zuluaga & Franco Ocampo, 1999) y (Che Ahmad, 1998).

2.2. Generalidades de la transformación de banano *Cavendish*

La principal forma de consumo del banano en el mundo es como alimento fresco gracias a su dulce sabor, fina textura y alto contenido nutricional. Sin embargo, existe una amplia variedad de productos que pueden elaborarse a partir del procesamiento de la fruta y otras partes de la planta, como se indica en las ilustraciones **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Ilustración 8. Productos derivados del banano



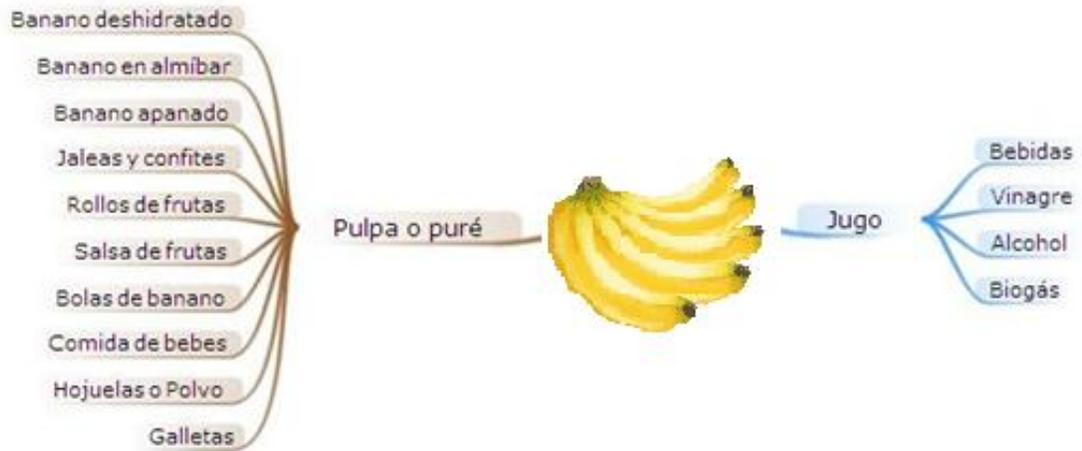
Fuente: Elaboración propia a partir de (Zapata Zuluaga & Franco Ocampo, 1999) y (Che Ahmad, 1998).

Ilustración 9. Productos derivados de la fruta de banano



Fuente: Elaboración propia a partir de (Zapata Zuluaga & Franco Ocampo, 1999) y (Che Ahmad, 1998).

Ilustración 10. Productos derivados de la fruta madura de banano



Fuente: Elaboración propia a partir de (Zapata Zuluaga & Franco Ocampo, 1999) y (Che Ahmad, 1998).

A partir de las cifras reportadas por la FAO, se estima que el 82% de la producción mundial de banano se destina para alimento humano, bien sea como fruta fresca o cualquier otro producto derivado de él, resultado de un procesamiento posterior. En 2007, fueron procesadas alrededor de 1 millón de toneladas, es decir 1.2% de la producción mundial (FAO, 2011), sin embargo, no se encuentran estudios de caracterización de la industria de transformación del banano en Colombia.

3. Productos de banano con mayor valor agregado y aceptación comercial

En un mapeo de patentes publicado entre enero de 2009 y febrero de 2011⁴, fueron identificadas 275 patentes relacionadas con banano, de las cuales solo 42 corresponden a desarrollos de productos a partir de alguna parte de la biomasa de la planta, tal como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Mapeo de patentes de banano

| Uso de producto | Alimento | Fibra natural - Uso textil | Alimento Funcional - Energético | Fibra natural - Papel y cartón | Alcohol - Usos energéticos e industriales | Fibra natural - Uso en construcción y autopartes | Alimento Funcional - Laxante | Producto farmacéutico | Alimento para animales | Total patentes |
|---|----------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|--|------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| Biomasa utilizada Pulpa Madura - Pulpa o Puré - Jaleas | 3 | | 4 | | | | | | | 7 |
| Pulpa Verde - Harina | 4 | | | | | | 2 | 1 | | 7 |
| Raquis - Fibra Para Cartón Y Papel | | 7 | | | | | | | | 7 |
| Raquis - Fibra Para Textiles | | | | 4 | | | | | | 4 |
| Fruta Completa - Alcohol | | | | | 3 | | | | | 3 |
| Pseudotallo - Fibra Para Materiales Compuestos | | | | | | 3 | | | | 3 |
| Pseudotallo y Hojas - Viandas Cocidas | 1 | | | | | | | | 1 | 2 |
| Pulpa Madura - Jugo - | 2 | | | | | | | | | 2 |

⁴ Dicho mapeo se realizó con el software Matheo Patent 9.5.

| Uso de producto | Fibra natural | Alimento Funcional | Fibra natural | Alcohol - Usos energéticos e industriales | Fibra natural | Alimento Funcional | Producto farmacéutico | Alimento para animales | Total patentes | |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|------------------|---|------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|----------------|-----------|
| Biomasa utilizada | - Uso textil | - Energético | - Papel y cartón | | - Uso en construcción y autopartes | - Laxante | | | | |
| Bebidas | | | | | | | | | | |
| Cascara - Esencias | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Corno (Raíz) - Harina | | | | | | | 1 | | 1 | |
| Fruta Completa - Harina | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Fruta Fresca - Consumo Humano | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Pulpa Madura - Banano Deshidrata. | | | | | | 1 | | | 1 | |
| Pulpa Madura - Jugo - Alcohol | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Pulpa Verde - Chips | 1 | | | | | | | | 1 | |
| Total patentes | 15 | 7 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 42 |

Respecto al lugar de registro de estas patentes, China tiene la mayor cantidad (34), seguido por Estados Unidos, República de Corea y Reino Unido (con 1 respectivamente), y 5 patentes mundiales.

Si bien en Colombia no se evidencia el registro de patentes sobre desarrollo de productos a partir de banano, tímidamente algunas transformaciones y aprovechamiento de subproductos del cultivo comienzan a mostrar resultados. A continuación se describen los 3 productos con mayor potencialidad.

3.1. Etanol combustible o bioetanol

➤ Descripción

El alcohol etílico o etanol es un producto químico orgánico, que puede ser obtenido en procesos petroquímicos a partir del etileno, o en procesos biotecnológicos a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en productos vegetales. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón, hemicelulosa y celulosa, concentrados en distintas partes de la biomasa vegetal. El producto obtenido por este último método recibe el nombre común de Bioetanol.

El etanol tiene diversos usos desde la preparación de licores y vinos hasta aplicaciones médicas e industriales. También puede ser utilizado como combustible, tanto puro como mezclado con gasolina (gasohol), ya que presenta un octanaje superior (130 octanos) respecto a la gasolina corriente (86 octanos). Esta característica química permite el mejoramiento de la calidad final de la mezcla de estos dos combustibles, además con el uso del gasohol se reducen las emisiones de sustancias contaminantes como gases de invernadero. (Romero, Aguilar, & Ruiz, 2005).

Si bien la hidrogenación catalítica del etileno es el método más económico para la producción de etanol, el método por vía fermentativa es el preferido, pues tiene mayores implicaciones sociales, dada la reactivación productiva del campo y la generación de empleos. Las investigaciones y adelantos tecnológicos para el uso de Bioetanol como combustible surgieron en la década del 70 a raíz de la crisis internacional del petróleo, que planteó la necesidad de desarrollar productos que fuesen sustitutos o que se pudiesen mezclar con los combustibles fósiles. Desde entonces se han establecido numerosas plantas de producción de etanol por fermentación a partir de múltiples materiales vegetales, en diversos países dentro de los que se destaca actualmente Brasil, Estados Unidos, China, Canadá, España, la India, Francia, entre otros (Romero, Aguilar, & Ruiz, 2005).

El proceso tradicional de producción de alcohol a partir de almidones y celulosa contempla procesos químicos o biológicos (hidrólisis) para su conversión a jarabes azucarados, que una vez acondicionados son sometidos a la acción de levaduras para efectuar la fermentación alcohólica. El etanol resultante es una mezcla de alcohol y agua con una concentración entre 5 a 15% v/v, que no es miscible con la gasolina e impide su utilización directa en los motores de combustión; por tanto es necesario destilar y deshidratar dicha mezcla hasta lograr una concentración de 99.5% v/v, de ahí su nombre común de alcohol anhidro. El banano verde con cáscara tiene un alto contenido de almidón y celulosa (13.1 y 17.9 %base húmeda respectivamente), que lo convierte en una materia prima potencial para la industria del bioetanol (Afanador, 2005).

➤ Tecnologías requeridas

Las etapas de hidrólisis (química o biológica) del material limpio, separado y molido pueden llevarse a cabo en reactores de tipo bache, con dos líneas paralelas para la producción del jarabe de glucosa: una a partir de la fruta y la otra a partir del pseudotallo y el raquis. En un tercer reactor tipo bache el jarabe de glucosa se mezcla y se fermenta con diversos microorganismos, hasta concentraciones del 11-15% de alcohol. De allí, se realizan varias etapas de separación solido-líquido que retiran la biomasa de la solución alcohólica (Romero, Aguilar, & Ruiz, 2005). Dicha biomasa puede ser aprovechada como abono orgánico.

La solución alcohólica se somete a destilación, rectificación y deshidratación para lograr la concentración de 99,5% y ser miscible con la gasolina. Comúnmente el camino elegido para producir alcohol puro ha consistido en dos etapas consecutivas, la destilación convencional y la azeotrópica. En la primera, el etanol alcanza una concentración máxima de 95,57%, punto en el que se forma el

azeótropo alcohol-agua; y en la segunda éste se rompe para separar los dos componentes y así obtener el etanol deshidratado (Afanador, 2005).

➤ Restricciones o cuidados del producto

El banano es una materia de tipo celulósica para la producción de alcohol, mientras la caña es de tipo azucarada. Con ambas materias primas el proceso de producción del alcohol es fermentativo y se debe someter cada materia prima a pre-tratamientos distintos; que para las de tipo celulósica requieren de una hidrólisis acida, enzimática o altas temperaturas y presiones, para desdoblar las moléculas de almidón y celulosa en azúcares fermentables (Romero, Aguilar, & Ruiz, 2005).

No obstante previo al pretratamiento de la materia prima, el material es sometido a lavado para eliminar partículas indeseables como tierra, plástico, etc. Luego el material lignocelulósico⁵ debe ser molido hasta obtener al menos un tamaño de partícula de 0.3 mm, seguido de la eliminación de ligninas, indeseables en el proceso. Es entonces cuando se podrá proceder con la hidrólisis enzimática que convierte la hemicelulosa y celulosa hasta glucosa (Romero, Aguilar, & Ruiz, 2005).

Los costos de la destilación convencional oscilan entre el 50% y el 80% del total de producción de alcohol anhidro, por lo que la mayoría de investigaciones se han concentrado en desarrollar tecnologías limpias y más eficientes para esta etapa crucial, tales como la destilación extractiva y en membranas, la extracción supercrítica, la adsorción y la pervaporación (Afanador, 2005).

⁵ Raquis y pseudotallo.

➤ Potencialidad en Colombia

La legislación colombiana ha creado un marco propicio para la producción del etanol, desde que el Congreso de la República decretó la Ley 693 de 2011, en la cual se dictan normas sobre el uso de alcoholes carburantes⁶, se crean estímulos para su producción, comercialización y consumo, y se dictan otras disposiciones. En 2004 se conformó la Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia; y en 2008 con el CONPES 3510 se establecieron los lineamientos de la política y el plan de acción para promover la producción sostenible de biocombustibles en el País (FEDEBIOCOMBUSTIBLES, 2011).

Si bien los biocombustible tienen principalmente propósitos ambientales, en Colombia se le ha dado mayor importancia al propósito social y económico para la generación de más y mejores empleos y desarrollo en las áreas rurales. Se estima que para producir el etanol suficiente para el 10% de la mezcla gasolina y etanol (ley 693 de 2011), será necesario crear cerca de 170 mil nuevos empleos, que estarían distribuidos en casi todas las regiones deprimidas de Colombia. A su vez se jalonará el desarrollo de otras empresas, de distintos tamaños y especialidades, al rededor de la cadena del alcohol, que pueden emplear a otras 250 mil personas (FEDEBIOCOMBUSTIBLES, 2011).

Los precios del alcohol carburante en Colombia son determinados por el Ministerio de Minas y Energía, que para la vigencia 1 a 30 de Septiembre de 2011 lo fijo en COP\$8.635,54/galón (USD 4,82/g⁷), mientras que en Brasil y Estados Unidos el precio promedio es de USD 3,06/g y USD 3,45/g respectivamente(ICIS.com, 2011). En la actualidad Colombia solo se dispone de 6 plantas productoras de alcohol anhidro, insuficientes para cumplir en todo el país con la mezcla establecida del 10%, en el Cuadro 8.

⁶ Se fijo la fecha inicial del uso de etanol mezclado con la gasolina corriente (agregando un 10% del alcohol de origen biomásico) a partir del mes de septiembre del año 2005.

⁷ Valor estimado, tomando una tasa de cambio promedio de \$1.790/USD para septiembre de 2011.

Cuadro 8. Producción de Alcohol en Colombia en 2010

| No. | Región | Inversionista | Fuente vegetal | Capacidad (L/Día) | Absorción Fuente vegetal (T/Año) | Área Sembrada (ha) | Empleos directos | Empleos indirectos |
|----------------------------|------------------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 1 | Miranda, Cauca | Incauca | Caña de azúcar | 350.000 | 97.690 | 11.942 | 2.171 | 4.342 |
| 2 | Palmira, Valle | Ingenio Providencia | Caña de azúcar | 300.000 | 65.126 | 9.287 | 1.688 | 3.376 |
| 3 | Palmira, Valle | Manuelita | Caña de azúcar | 250.000 | 81.408 | 8.721 | 1.586 | 3.172 |
| 4 | Candelaria, Valle | Mayagüez | Caña de azúcar | 250.000 | 48.845 | 6.587 | 1.198 | 2.396 |
| 5 | La Virginia, Risaralda | Ingenio Risaralda | Caña de azúcar | 100.000 | 32.563 | 3.004 | 546 | 1.092 |
| 6 | Canta Claro, Meta | GPC | Yuca amarga | 25.000 | 41.000 | 1.200 | 240 | 480 |
| Total en producción | | | | 1.275.000 | 366.632 | 40.741 | 7.429 | 14.858 |

Fuente: (FEDEBIOCOMBUSTIBLES, 2011)

Antioquia cuenta con 800.000 t/año de banano excedente (fruta completa) y material lignocelulósico (vástago y pseudotallo) en la región de Urabá, parte de los cuales generan contaminación después de la cosecha, y que pueden ser aprovechados mediante procesos biotecnológicos como materia prima para la producción de jarabe azucarado y su posterior fermentación hasta obtener alcohol anhidro (Romero, Aguilar, & Ruiz, 2005).

3.2. Alimentos funcionales para humanos

➤ Descripción

En la actualidad toman cada vez más participación en el mercado los denominados alimentos funcionales: una amplia variedad de alimentos procesados a los cuales se les mejoran sus características nutricionales mediante

la incorporación de minerales, vitaminas, ácidos grasos, fibra alimentaria y antioxidantes, etc., para cumplir tanto su función básica de alimentar, como otras funciones específicas para mejorar la salud y reducir el riesgo de contraer enfermedades a quienes los consuman(Wikipedia, 2011).

La fibra alimentaria o dietaría corresponde a la parte de frutas, verduras y vegetales comestibles, que resiste la digestión y absorción en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso. Si bien no tiene valor nutricional al no participar en los procesos metabólicos, si tiene una función fisiológica de alta relevancia porque estimula la perístasis intestinal.

La harina de banano verde incluye un alto contenido de almidón total (73,4%), de almidón resistente (17,5%) y de fibra dietética (14,5%) respecto a otras harinas (Alkarkhi, Ramli, Yong, & Easa, 2011), sin embargo comparado con otras frutas o subproductos vegetales como las naranjas, los hollejos de uva, el mango o la guayaba, el banano fresco tiene un contenido de fibra dietética bajo, que puede ser procesado para potencializarlo como fuente de fibra y almidón(Rodriguez-Ambriz, Islas-Hernandez, Agama-Acevedo, Tovar, & Bello-Perez, 2008) e incorporarse dentro de una amplia variedad de alimentos funcionales.

Además de fibra, la harina de banano puede ser una fuente importante de polifenoles, compuestos que son considerados como antioxidantes naturales (Rodriguez-Ambriz, Islas-Hernandez, Agama-Acevedo, Tovar, & Bello-Perez, 2008); con contenido un de 30 a 60 mg, por cada 100 gr de base fresca, siendo mayor la concentración en la cáscara que en la pulpa. Diversos estudios han encontrado muchos otros antioxidantes en la harina del banano como luteína, α y b-caroteno, catecolaminas, dopamina, noradrenalina, galocatequina y naringenina-7-O-neohesperidoside (Aurore, Parfait, & Fährasmane, 2009) que aumentan su propiedades funcionales.

➤ Tecnologías requeridas

La tecnología de la licuefacción se ha aplicado al almidón aislado de los bananos verdes para la producción de jarabe de glucosa y maltodextrina. Este método permite eliminar el almidón presente en la harina de banano, obteniendo así un polvo rico en fibra que puede ser utilizado en la formulación de diversos alimentos funcionales (Rodríguez-Ambriz, Islas-Hernandez, Agama-Acevedo, Tovar, & Bello-Perez, 2008).

➤ Restricciones o cuidados del producto

El almidón de la pulpa verde de banano es al parecer tan funcional como el almidón de maíz, con buena aceptabilidad potencial debido a su falta de sabor; siendo adecuado para aplicaciones en alimentos que requieren tratamiento de alta temperatura (ej. mermeladas, embutidos, panadería y productos enlatados); pero no es apropiado usarlo en productos refrigerados o congelados por la inestabilidad de sus propiedades a bajas temperaturas (Aurore, Parfait, & Fahrasmane, 2009).

Durante el inicio del procesamiento del banano, es decir en las etapas de molido de la fruta fresca, debe controlarse el pardeamiento enzimático que puede sufrir este material⁸, el cual puede impactar las características organolépticas de los productos finales. Por otra parte, debido al alto contenido de humedad de la fruta fresca, es importante en los procesos de extracción de harina, utilizar métodos eficientes de secado para obtener una mejor calidad de harina y potencializar sus aplicaciones como alimento final o como materia prima de otros alimentos preparados (Alkarkhi, Ramli, Yong, & Easa, 2011).

⁸ Pardeamiento enzimático es el nombre dado al fenómeno de coloración oscura que aparece en los tejidos de diversas frutas cuando sufren daño mecánico (ej. cortes, golpes, macerado, etc.) y éstas permanecen en contacto con el oxígeno (Sistema Madri+d, 2006).

➤ Potencialidad en Colombia

En el mercado colombiano el interés por los alimentos funcionales es incipiente y aun el marco legal al respecto es poco. En 1984 el Ministerio de Salud emitió la resolución 11488 que define las normas técnicas y parámetros asociados a alimentos infantiles, alimentos o bebidas enriquecidas y alimentos o bebidas de uso dietético, en los cuales se permite la adición de nutrientes y la denominación de fortificados; posteriormente el decreto 1944 de 1996 reglamentó la fortificación obligatoria de la harina de trigo con las vitaminas B₁ y B₂, niacina, ácido fólico y hierro. Para 2005, el decreto 3636 reglamento los productos de uso específico nacionales e importados, con denominación del país de origen como “suplemento dietario”, “complemento alimenticio” o “nutracéutico” (Sarmiento Rubiano, 2006). El Ministerio de Protección Social publicó la resolución 288 de 2008, estableciendo las condiciones para la declaración de propiedades nutricionales o de salud de los alimentos; siendo un avance para la comunicación al consumidor sobre los beneficios de los alimentos funcionales (Naranjo & Vanegas, 2009).

Existe un sin número de posibilidades para la generación de alimentos funcionales innovadores incorporando harina de banano y otros ingredientes, para ello se debe tener claridad sobre las barreras, oportunidades y responsabilidades por afrontar, para que en un futuro cercano, la canasta básica, además de satisfacer necesidades fisiológicas, mejore también el estado de salud (Naranjo & Vanegas, 2009).

Las principales barreras de los alimentos funcionales en Colombia son (Naranjo & Vanegas, 2009):

- la falta de conocimiento respecto a los ingredientes nutracéuticos, por parte de los consumidores y los profesionales de la salud;
- los limitados recursos y métodos para el estudio, la investigación y el desarrollo de estos alimentos,
- el alto costo final de los productos funcionales comercializados.

A la fecha importantes industrias colombianas ya han iniciado el camino de los alimentos funcionales, pero aún hay demanda insatisfecha, por lo que todas las empresas con alimentos basados en matrices saludables, pueden pensar en participar en este mercado creciente y que podría llegar a ser la necesidad futura de todos los consumidores (Naranjo & Vanegas, 2009).

3.3. Fibras naturales para materiales compuestos, papel o textiles

➤ Descripción

La investigación sobre el uso de fibras naturales para la industria de papel o como refuerzo en materiales compuestos de matriz polimérica ha tomado gran fuerza debido a sus buenas propiedades mecánicas (ej. baja dureza, baja densidad, aislamiento térmico y acústico, biodegradabilidad, etc.) así como aspectos económicos (ej. costos, cantidad) y ambientales (ej. aprovechamiento de residuos, ahorro energético) (Gañán, Zuluaga, Cruz, Salazar, Villa, & Hincapié, 2006).

Varios residuos de la producción de Banano *Cavendish* y el plátano, han demostrados ser una buena fuente de fibra natural, cuyo uso final depende del proceso de extracción que se utilice. Los tratamientos termo-mecánicos permiten la extracción de fibras adecuadas para tableros aglomerados que pueden ser usados en construcción, mientras la extracción mecánica o biológica permite la extracción de fibras para la industria de papel, empaques, textiles y de materiales compuestos para autopartes (Gañán, Zuluaga, Cruz, Salazar, Villa, & Hincapié, 2006).

Toda la plata de banano puede aprovecharse para obtener fibras apropiadas para la elaboración de papel, especialmente aquellas extraídas del pinzote o raquis; las cuales son de color café claro o beige con un lustre (Aguilar, Ramírez, & Malagón, 2007) ideal para los denominados papeles artesanales.

Respecto a textiles, Filipinas y Japón son los países que utilizan la fibra de banano en gran escala para la producción comercial de la variedad de artículos, como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** México también exporta gran cantidad de prendas de vestir confeccionadas a partir de esta fibra a Japón, Singapur, Taiwán y todos los países de Asia hasta Oriente (Gujarat, MacDonald, & Bureau, 2005). Dado que la fibra textil de banano es un producto de origen vegetal natural, tiene muy buena compatibilidad con otras fibras naturales como el algodón, coco, piña y fibras de yute, permitiendo el teñido y estampado (Desai, 2011); además tiene una fuerza y brillo semejantes a las características de la seda, convirtiéndola en un sustituto natural de esta tradicional fibra, que no se arruga con facilidad.

Ilustración 11. Bashoufu - Tela de fibra de banano para kimonos de verano



Fuente: Fotografías de autor desconocido, publicadas en el sitio Web <http://www.kimono-club.org/?p=3340>

➤ Tecnologías requeridas

Fibra para textiles

La fibra se encuentra principalmente en la superficie externa de las capas que conforma el pseudotallo de la planta de banano, y según (Gujarat, MacDonald, & Bureau, 2005) hay dos métodos para su extracción a saber:

- El método Bacnis: Las capas del pseudotallo se separan, se aplanan y la fibra se extrae cortando y despegando la superficie externa en cintas de 5 a 8 cm de ancho y 2 a 4 mm de espesor, a la longitud entera de la vaina. Este proceso de extracción es conocido como *Tuxying* y las tiras obtenidas se denominan *tuxies*.
- El método Loenit: Las capas no se separan previamente, y el *tuxies* se quita del pseudotallo directamente, de una capa a la vez.

En cualquiera de estos métodos, los *tuxies* se atan en manojos de 23 a 27 kg, se tiran y halan repetidamente sobre una superficie de cuchillos que se presiona firmemente para raspar las fibras. Las fibras limpias después se secan al aire y se cortan en secciones de 120 a 180 cm de longitud. Las secciones son aplastadas entre los rodillos de gran peso para afinar más la fibra.

Fibras para papel o cartón

La biomasa de la mata de banano, a utilizar para fabricar papel, debe someterse a un proceso de trituración y lavado, una vez recolectada. La trituración se realiza con picadores mecánicos que trozan y extraen el agua de los materiales. Posteriormente, las fibras son lavadas con agua caliente, y separadas del agua de lavado y demás residuos de la trituración. Una vez limpias, las fibras son presionadas para retirar por lo menos un 70% del agua de lavado y poder pasarlas al molino de producción de papel.

El proceso de manufactura del papel comienza en el molino, donde la fibra es mezclada nuevamente con agua para ser enviada al refinador, que se encarga de disminuir el tamaño de las fibras al punto adecuado para la creación de la lámina

de papel. En este momento se pueden agregar colorantes naturales para lograr variedad de colores en papel de banano. La mezcla es distribuida uniformemente por tubería de aspersion sobre una banda sin fin de cedazo que, actuando como un cernidor, deja escapar el agua y retiene la pulpa en suspensión. Combinando adecuadamente la velocidad de la banda y la presión de la aspersion, se ajusta el espesor o gramaje de la lámina de papel.

De la banda sin fin el papel pasa a ser enhebrado en una batería de tambores que rotan a alta temperatura. El papel que atraviesa por estos tambores, es guiado por otra banda sin fin, esta vez hecha de un material absorbente, y va secándose a medida que se desplaza. Al final de este zig-zag de tambores rotativos, la lámina tendrá únicamente un 3% de agua y será enrollada en una bobina, la cual es la materia prima para todos los procesos editoriales posteriores (TNF Eco Papers, 2010).

➤ Restricciones o cuidados del producto

Respecto a la aplicación de fibras de banano en textiles, la finura de la textura final del tejido depende la calidad de la fibra utilizada, siendo esta su principal desventaja con otras fibras, puesto que con los métodos convencionales de producción se obtienen fibras irregulares y con baja calidad, que restan eficiencia a la producción (Desai, 2011).

➤ Potencialidad en Colombia

Las investigaciones adelantadas por el Grupo de Investigación sobre Nuevos Materiales GINUMA en las fibras naturales del musáceas en Colombia, aborda los distintos usos finales de estas fibras.

4. Experiencias e iniciativas de transformación de banano *Cavendish* en Colombia

La actividad bananera colombiana es bastante focalizada, sin embargo unos cuantos involucrados en este sector han mostrado interés real en el aprovechamiento de esta fruta o de los subproductos del cultivo.

A continuación se presentan varias iniciativas pasadas y presentes de transformación de banano, con sus resultados y lecciones aprendidas.

4.1. Experiencias pasadas de transformación de banano

4.1.1. Producción de etanol

➤ Producto final

Etanol por el método de hidrólisis por vía química.

➤ Involucrados

| <u>Primer proyecto (1982):</u> | <u>Segundo proyecto (1990)</u> | <u>Tercer proyecto (2000)</u> |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Augura | Augura | Duque Jaramillo |
| Corpourabá | Gobernación de | Abogados |
| Gobernación de | Antioquia | Químicos Inorgánicos |
| Antioquia | Fábrica de Licores de | Ltda. |
| Fábrica de Licores de | Antioquia | |
| Antioquia | | |
| C.I. Uniban | | |

➤ Descripción general y cronología

En Colombia los intentos de producción de etanol con banano verde comienzan desde finales de los años 70; pero solo fue en 1982 cuando se instaló en Currulao una planta piloto para investigar el proceso productivo, con una capacidad instalada de 1.000 litros por día y un requerimiento de 6 tm/día de banano de rechazo como materia prima fundamental (Saldarriaga Fernández, Ramírez, Sanchez A., & Gómez V., 1982). La planta operó alrededor de un año y después fue cerrada por distintos inconvenientes presentados en su funcionamiento.

Para 1990, se despertó nuevamente el interés por la producción de alcohol a partir del banano excedente en Urabá. Esta vez el estudio de prefactibilidad consideró dos alternativas de producción, la primera capaz de producir 5.000 litros/día y la segunda de 10.000 litros/día. El estudio arrojó que la segunda opción era la viable, pero que se debían realizar otros estudios más exhaustivos respecto a disponibilidad de materia prima que garantizarán el aprovisionamiento para la operación de la planta, puesto que hasta esa fecha no disponía de información confiable respecto al volumen real de fruta de rechazo en la región. La planta propuesta en este estudio sería completamente diferente, a las instalaciones montadas en 1982, y estaría ubicada en una localidad distinta, esta vez en Apartado, cercana a la vía principal del eje bananero dada la equidistancia a las áreas cultivadas (Lasso Muñoz, Restrepo Carmona, Zuluaga Mejia, & Uribe Lenis, 1990). Los estudios adicionales no se realizaron y la iniciativa no prosperó.

En 2000, un nuevo grupo de interesados particulares formuló un proyecto para la recuperación de la planta de alcoholes de Currulao, quienes realizaron una inspección a las antiguas instalaciones de la planta, e hicieron algunas valoraciones económicas para su puesta a punto. Este proyecto no incluyó análisis financiero riguroso y tampoco se concretó.

➤ Estado y resultados de la experiencia

Varios fueron los problemas enfrentados por la planta de alcoholes de Currulao, por un lado cayó la producción de banano en el momento en que la planta iniciaba su operación, lo que redujo la disponibilidad constante de materia prima; por otro lado se presentaron dificultades de transporte para la movilidad de la materia prima desde las fincas hasta la planta, puesto que los responsables de la formulación del proyecto no los incluyeron en los costos de operación, y los productores bananeros no quisieron asumir dicho valor.

No obstante, el principal problema fue de tipo técnico, por fallas en el diseño y montaje del molino que ocasionaron la deficiente homogenización en la mezcla de pulpa, cascara y vástago, procesados en la etapa de maceración. En consecuencia, el material se adhería a las cuchillas, las fibras largas causaban obstrucción en la válvula de toma de muestras del reactor y la alta viscosidad de la mezcla dificultaba el contacto entre el sustrato y el agente químico o biológico usado para la sacarificación. Esta suma de inconvenientes reducían la eficiencia del proceso(Afanador, 2005), e hicieron inviable la sostenibilidad de la planta.

A fecha la instalación de la alguna vez planta de alcoholes de Urabá se encuentra abandonada con sus equipos a desmantelados y roídos por el oxido, la flora y fauna local, como se aprecia en la Fuente: **Fotografías de Clara Isabel Vélez Rincón, publicadas en el sitio web**

http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/E/el_viejo_sueno_de_producir_alcohol/el_viejo_sueno_de_producir_alcohol.asp

Ilustración 12. Estado actual de la Planta de alcoholes de Urabá



Fuente: Fotografías de Clara Isabel Vélez Rincón, publicadas en el sitio web

http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/E/el_viejo_sueno_de_producir_alcohol/el_viejo_sueno_de_producir_alcohol.asp

4.1.2. Otras iniciativas pasadas

De acuerdo con las declaraciones recibidas en la entrevistas realizadas en esta investigación, en los años 80 se intentó establecer un planta de producción de harina de banano verde y plátano en el municipio de Mutatá, sin embargo no se encuentran referencias documentales de la misma, que permitan ahondar en los datos de los involucrados, ni en los resultados obtenidos.

4.2. Iniciativas actuales de transformación en Colombia

4.2.1. Producción de fibras naturales

➤ Producto(s)

Productos artesanales elaborados con fibras naturales.

Paneles aglomerados de fibra natural para construcción.

Nanofibras de celulosa.

➤ Involucrados

Universidad Pontificia Bolivariana

Grupo de Investigación sobre Nuevos Materiales – GINUMA; con sus investigadores: Piedad Gañán; Robín Zuluaga; Javier Cruz; Silvio Salazar.

Corporación Banacol

Participó inicialmente a través de su Fundación Social (Hincapié Ramírez, 2011), y en febrero de 2011, todas las iniciativas de industrialización en que participa Banacol fueron asignadas a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la compañía (Osorio Betancur, 2011).

➤ Descripción general y cronología

La investigación de fibras de banano surgió en 1999, dentro del Grupo de Investigación sobre Nuevos Materiales – GINUMA, de la Universidad Pontificia Bolivariana, aprovechando la experiencia de sus docentes, quienes ya habían

desarrollado otros estudios sobre la extracción y aprovechamiento de fibras naturales (Zuluaga Gallego, 2011).

En 2000, comenzaron la caracterización de fibras extraídas del vástago del banano y plátano utilizando procesos biológicos, y en 2001 establecieron una alianza con la Fundación social Banacol (Corbanacol) para ejecutar un proyecto de desarrollo social, que benefició a un grupo de mujeres cabeza de hogar en la región de Urabá, capacitándolas en técnicas de extracción y elaboración de productos artesanales hechos con fibra de banano y plátano, contando además con el apoyo de la facultad de diseño de esta misma universidad. En este proyecto se terminó la caracterización de la fibra, la recuperación y acondicionamiento de las maquinas para la extracción de la fibra y se transfirieron los métodos de producción.

La alianza con Corbanacol continúa, y se han desarrollado paneles conglomerados⁹ con fibras de plátano para fabricar elementos no estructurales como son los cerramientos o divisiones interiores en viviendas, que contribuyan a solucionar la emergencia social en distintas zonas del país. Para la decimonovena Reunión Internacional de Acorbat, realizada en noviembre de 2010 en Medellín, se construyó una vivienda demostrativa con estos tableros conglomerados. Para ese momento los paneles pilotos estaban siendo sometidos a pruebas de durabilidad y estabilidad en el tiempo, bajo las condiciones ambientales naturales de Urabá (Hincapie, y otros, 2010)¹⁰. El liderazgo en esta investigación fue asumido por C.I. Banacol.

El GINUMA también se ha trabajado con SOFASA en el desarrollo de tableros aglomerados con fibras de banano para paneles de vehículos. Otra investigación,

⁹ Las dimensiones de los paneles son 1m x 2,20m, con 9mm de espesor.

¹⁰ Al momento de la presente investigación, no se habían publicado resultados de las pruebas realizadas a los panes conglomerados.

esta vez en alianza con el Metro de Medellín y el Metro de Madrid, busca desarrollar pisos compuestos con fibras naturales como repuestos para sus vagones, la cual ha tenido cierta divulgación en medios de comunicación, pero cuyos resultados aun son confidenciales.

Muchas de estas investigaciones han contado con el apoyo financiero de Colciencias para el pago de investigadores, la adquisición de equipos de análisis, entre otros rubros. Respecto a Augura, su apoyo ha sido indirecto, facilitando el acceso a información a través de su Centro Documental y brindado espacios de divulgación en eventos internacionales del sector bananero y platanero, como es el caso de participaciones en distintas asambleas de Acorbat.

➤ Resultados a la fecha de la experiencia

Los distintos focos de investigación con fibras naturales de banano y plátano desarrollados por el GINUMA se han convertido en un referente internacional, realizando permanentes publicaciones científicas al respecto en prestigiosas revistas especializadas.

El grupo de mujeres, apoyado por el GINUMA y Cornabanacol, se asoció y formalizó como la Fundación Manos de Urabá, y a la fecha desarrollan artesanías y elementos decorativos a partir de la fibra de banano y plátano. Corbanacol continúa apoyando esta fundación promoviendo sus productos.

Ilustración 13. Artesanas y productos de la Fundación Manos de Urabá



Fuente: Fotografía de Gustavo León Ramírez Ospina, publicada en la página web:

http://www.elcolombiano.com/BancoConocimiento/U/un_arte_elaborado_con_fibra_de_platano/un_arte_elaborado_con_fibra_de_platano.asp

Fotografía de Ángela Patricia Zapata, publicada en la página web:

<http://www.elmundo.com/portal/resultados/detalles/?idx=88404>

➤ Expectativas futuras

Los paneles conglomerados deben terminar y superar exitosamente todas las pruebas técnicas a las que vienen siendo sometidos, para así comenzar su introducción en el mercado constructor, enfrentando al yeso y drywall, sus productos sustitutos que cuentan con un alto posicionamiento en este sector.

Respecto a las fibras en sí mismas, desde 2004, la investigación se tornó hacia las nanofibras de celulosa para su uso en empaques, que requieren una alta inversión e investigación para abaratar el proceso. El interés de la Universidad y el GINUMA son productos mayor valor agregado, ya han avanzado en el proceso productivo, pero a la fecha es necesario hacerlo de manera más eficiente y económica, mejorando puntos específicos del proceso, con tecnologías más especializadas y a escala industrial. Esta investigación requiere una inversión muy alta, por tanto recurrieron a la cooperación internacional y otras empresas privadas como fuentes de financiación. Según, indicó una de las fuentes entrevistadas, el costo anual de esta investigación tiene un valor aproximado de un millón de euros. Banacol es uno de los involucrados empresariales de este proyecto, consciente de que los resultados serán a largo plazo, aunque está por definir el tipo y monto de su

participación. La expectativa del GINIMA es mostrar sus primeros resultados en 2015.

4.2.2. Harina de banano

➤ Producto

Harina de banano para consumo humano.

➤ Involucrados

Corporación Banacol

Participó inicialmente a través de su Fundación Social (Hincapié Ramírez, 2011) y en febrero de 2011, todas las iniciativas de industrialización en que participa Banacol fueron asignadas a la Dirección de Investigación y Desarrollo de la compañía (Osorio Betancur, 2011).

➤ Descripción general y cronología

A pesar de la vocación agropecuaria de la Zona de Urabá, y la relevancia nutricional del banano, la región presenta graves cifras de inseguridad alimentaria. Ante esta realidad, la Fundación Social de Banacol se interesó en investigar y desarrollar soluciones a partir del cultivo del banano, principal eje de la economía local. En 2006 Corbanacol compartió sus ideas de aprovechamiento de subproductos del cultivo de banano con el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria de Alimentos – CIAL y realizaron los primeros ensayos utilizando el vástago, para la producción de fibra alimentaria.

Posteriormente, Corbanacol es contactada por el Ingeniero zootecnista Fabio Jaramillo, quien les ofreció un sistema de secado para la producción de harina del vástago de banano y comenzaron a desarrollar pruebas experimentales en ellos. Corbanacol obtuvo recursos para el montaje de la planta piloto, realizaron ajustes al diseño original de los equipos, dada la viscosidad del vástago molido, y

continuaron realizando pruebas con mezclas de banano verde, banano maduro, vástago y mezclas entre ellas, ya en la planta piloto en Urabá.

El alimento resultante tiene buenas propiedades organolépticas y en la actualidad es repartido de forma gratuita a niños con problemas de desnutrición e inseguridad alimentaria, en la comunidad de trabajadores de las fincas bananeras relacionadas con C.I. Banacol. Esta iniciativa hace parte de los programas de responsabilidad social empresarial de esta comercializadora.

➤ Resultados a la fecha de la experiencia

La construcción de la planta se logró con el apoyo de la Secretaria de productividad y competitividad de la Gobernación de Antioquia en 2008. Se estabilizó el proceso productivo, se estandarizaron los parámetros de operación y se acondicionaron los equipos para trabajar con la fruta completa (cascara y pulpa) de banano, tanto verde, maduro y de vástago.

Según investigadores de este proyecto, el factor de éxito de este sistema es realizar la trituration de la fruta completa antes de la etapa de secado. Las propiedades organolépticas de la harina de banano verde obtenida, resulta de sabor agradable y de fácil preparación para su consumo final (mezclada con leche a modo de colada).

➤ Expectativas futuras

La Corporación Banacol continuará con la producción de harina de banano y espera ampliar la cobertura y el impacto multiplicador de la innovación social, llegando a más niños con déficit nutricionales en la zona bananera de Urabá.

A comienzos de 2011, la operación de la iniciativa productiva de harina de banano verde fue asumida por la Dirección de Investigación y Desarrollo de Banacol, con

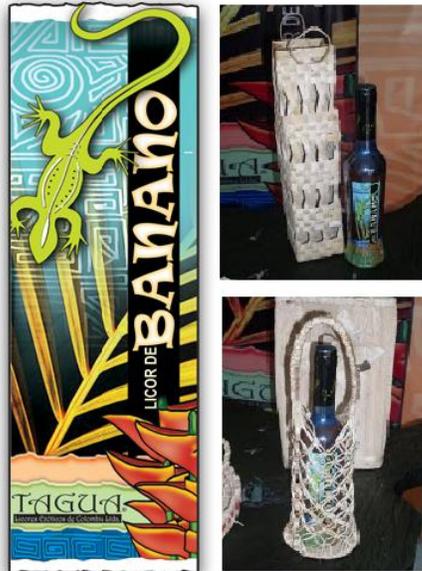
el propósito de fortalecerla y mejorarla desde punto de vista técnico y de procesos. La empresa tiene claro el propósito social del producto final, y no es de su interés la comercialización del mismo, no obstante, desea hacer cada vez más eficiente el proceso, mejorar sus costos operativos de tal manera que esta innovación social sea autosostenible.

4.2.3. Diversos productos alimenticios

➤ Licor de banano

El licor de Banano es una bebida alcohólica (20.5°Brix) ligeramente densa y dulce, con sabor y olor muy acentuado a la fruta madura, de color ámbar cristalino, que se puede tomar sólo ó acompañado con otros licores en la preparación de cocteles (TAGUA, 2010). Su presentación es en botella oscura de 375 ml con una etiqueta alusiva a la región de Urabá. Su empaque varía en un sencillo contenedor tubular también con imagen alusiva a Urabá o una canastilla artesanal elaborada en hojas de banano o plátano (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) (TAGUA, 2010).

Ilustración 14. Etiqueta y empaques del Licor de banano



Fuente: Imágenes copiadas del sitio web de Licores Exóticos de Colombia Ltda. TAGUA.

Licores Exóticos de Colombia Ltda. – TAGUA es la empresa productora, que nace en 2006 de la idea empresarial, liderada por María Victoria Rodríguez Escribano, con el apoyo de INCUBAR URABA y Colciencias. La comercialización del licor de banano se da a finales 2008, al concluir las gestiones legales con el INVIMA, el registro de marca y Rentas Departamentales (TAGUA, 2010).

➤ Pulpa de banano acidificado

Es un producto viscoso de color crema y textura homogénea cremosa, obtenido por extracción mecánica de bananos sanos y maduros; que no contiene aditivos, a excepción de ácido ascórbico para proteger el color y ácido cítrico o jugo de limón concentrado turbio para control de pH. En su elaboración se aplican buenas prácticas de manufactura (BPM) y su empaçado se lleva a cabo bajo estrictas condiciones sanitarias para asegurar la inocuidad del producto. La pulpa de banano es un ingrediente utilizado como materia prima de uso industrial en la elaboración de néctares, mermeladas, jaleas, compotas, helados, etc.

La empresa PROJUGOS ® - Productora de Jugos S.A.S¹¹, perteneciente a la Organización Ardila Lülle, es la que produce esta pulpa en su planta transformadora localizada en el municipio de Tuluá, Valle del Cauca, utilizando como materia prima banano *Cavendish* cultivado en la región de Urabá.

4.3. Potencialidades de transformación en Urabá

En la actualidad hay un renacido interés gremial en la producción de alcohol carburante a partir de banano en Urabá. Si bien Santa Marta es la segunda zona bananera de Colombia, son varias los factores que la hacen menos atractiva para instalar allí una planta de producción de etanol a partir de banano. Por un lado, el área productiva es menor y por tanto la cantidad de material vegetal para alcohol es menor. Por otro, las características empresariales de los productores de esta

¹¹ <http://www.productoradejugos.com>

región son muy distintas a las de Urabá, pues se trata principalmente de pequeñas plantaciones, cuyos propietarios tienen un apalancamiento financiero más limitado y sienten una mayor aversión al riesgo en sus inversiones (Calvo, 2011).

4.3.1. Tecnologías disponibles

En el país ya hay en pleno funcionamiento de 6 plantas de etanol carburante a partir de materiales agrícolas, todas con métodos de fermentación. Son plantas de gran envergadura con equipos y tecnología de punta. No obstante ninguno de estos casos utiliza banano *Cavendish*, de ahí que deban realizarse más estudios y pruebas que aumenten la certeza de los inversionistas.

4.3.2. Brecha tecnológica actual

La Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional de Colombia han desarrollado líneas de investigación en alcohol carburantes, utilizando sistemas tecnológicos distintos. Sin embargo el grupo privado interesado ha decidido contactar firmas de ingeniería internacionales expertas en el diseño y montaje de plantas de producción de etanol anhidro a partir de otras fuentes vegetales para desarrollar pruebas piloto en sus plantas y así definir los parámetros y ajustes del proceso necesarios para producir bioetanol a partir de banano (Calvo, 2011).

4.3.3. Posibles actores involucrados

Augura lideró una convocatoria interna a comercializadoras y productores de banano que estuviesen interesados en participar en un análisis de viabilidad para la producción de etanol. Quienes respondieron a dicha convocatoria aportaron determinada cantidad de dinero y constituyeron un fondo de capital de riesgo que apalancará los estudios requeridos. Después de breves declaraciones dadas a medios de comunicación en 2009, este análisis se ha desarrollado con sigilo.

Paralelo a los estudios de viabilidad técnica y económica de la planta de producción de alcohol carburante, Cenibanano ha investigado respecto a otras

variedades de *musa*, aptas para la producción de etanol, que no requieran tantos cuidados agrícolas como el banano *Cavendish*, de tal forma que se pueda disponer de materia prima más económica (Calvo, 2011).

Conclusiones

La cadena de valor de la agroindustria bananera en Urabá tiene una fuerte integración vertical, pero está muy poco diversificada, en lo que respecta a transformación, al punto de no reflejarse en los estudios de caracterización realizados por reconocidas instituciones antioqueñas. Tampoco se observa fortaleciendo de las capacidades técnicas y tecnológicas de la oferta académica en Urabá, que promuevan el desarrollo de conocimiento, transferencia tecnológica y el emprendimiento de base tecnológica hacia la industrialización de productos derivado del banano.

La gran aceptación del banano fresco en el mercado internacional, es sin duda el mayor motivador para la continuidad del cultivo de banano *Cavendish* en Urabá, a pesar de las fluctuaciones económicas, inclemencias del clima e inestabilidad de orden público. Pero también se convierte en el paradigma de los empresarios bananeros, quienes no se deciden a invertir en otras formas de aprovechamiento del cultivo. En momentos críticos del mercado de la fruta fresca, renace su interés por las iniciativas, transformación y agregación de valor; pero ante una leve mejoría del precio internacional o tasas de cambio, archivan su disposición y menguan su apoyo a las investigaciones o proyectos iniciados.

La participación de la empresa privada en algunas investigaciones surgió mas como una motivación personal de alguien con cierto poder de decisión en una entidad local, a quien el tiempo y los resultados de los productos desarrollados le han dado la razón. Poco a poco esa motivación se ha extendido a otras instituciones y empresas, aunque el interés actual en diversificar y desarrollar nuevos productos, sobre todo a las dificultades en el mercado internacional del banano, la devaluación del dólar, las rigurosas normas ambientales y certificaciones verdes exigidas a los productores.

Para el éxito de todas las iniciativas de transformación, en determinado momento deben generar ingresos que permitan la recuperación de la inversión. Por más altruistas que sean los motivos de apoyo a las mismas, estas iniciativas deben ser autosuficientes en todo el sentido de la palabra (ambiental, económica y socialmente) para no convertirse en lastres financieros, que desvirtúen la responsabilidad social empresarial.

Los recursos para investigación en la transformación del banano son escasos, desde las universidades y desde la empresa privada, sumado al hermetismo de estas últimas cuando deciden involucrarse en el desarrollo de nuevos productos a partir de banano. El apoyo institucional es clave para el éxito de estas iniciativas, tanto del orden nacional (ej. Colciencias y Ministerios) como del orden departamental (ej. Secretarías y Corporaciones autónomas regionales). La cooperación internacional también es una fuente de recursos, sobre todo para aquellos que tengan significativo impacto social como la seguridad alimentaria y soluciones de vivienda dignas y salubres.

En temas de alto nivel de conocimiento y proyectos de gran inversión como es el caso del bioetanol a partir de banano, sigue observándose desarticulación entre la universidad y la empresa privada. Las universidades trabajan de forma aislada y con largos horizontes de tiempo, cada una buscando sus propios recursos de financiación, y desarrollando sus propias tecnologías y métodos. Mientras la empresa privada, cuando dispone de un músculo financiero como el caso bananero, decide buscar soluciones más rápidas a sus intereses y necesidades, de ahí que prefieran buscar tecnologías extranjeras y probadas. La articulación Universidad – Empresa es necesaria, con grupos y focos de investigación aplicada, que muestre resultados constantemente, y unos involucrados empresariales comprometidos de principio a fin, que contribuyan con recursos y ayuden a buscar el apalancamiento financiero tan necesario.

Cuando las investigaciones y el desarrollo de productos no muestran resultados tempranos, la alianza universidad-empresa comienza a flaquear. Si bien a las Universidades les interesa y motiva la especialización, profundización y creación de conocimiento, a la empresa privada le interesa la pronta solución de sus debilidades organizacionales, el mejoramiento de su eficiencia operativa y la diversificación de su actividad, que le permitan continuidad y vigencia en el salvaje mundo de los mercados globales. La ausencia de visiones comunes entre universidad y empresa privada ponen en riesgo la vigencia de sus alianzas y éxito de sus proyectos.

Muchas industrias alimenticias que utilizan el banano como principal materia prima, son pequeñas y con poco músculo financiero, concentrándose en productos convencionales con poco valor agregado y pensados para mercados locales; por otro lado están empresas productoras y comercializadoras de banano fresco, que incursionan en el negocio de alimentos con productos semejantes a otros con amplia aceptación en el mercado nacional, producidos por reconocidas empresas de alimentos. En ambos escenarios se desaprovecha la potencialidad del banano como base para productos alimenticios funcionales, que traen más beneficios a la salud de los consumidores, y a su vez puede generar mayores ingresos.

En el mercado de muebles en Medellín se aprecia una creciente oferta de artículos que mezclan maderas tradicionales (ej. roble, guayacán, teca, etc.) con fibras de origen natural, que brindan acabados elegantes y novedosos. Sería propicio la integración de industrias de fibras de banano y plátano con clústeres de muebles de otras regiones del departamento o del país, como El Retiro o Córdoba. Sin embargo, para promover alianzas de este estilo, es necesario fortalecer empresarialmente a las industrias productoras de fibra, de tal manera que puedan proveer constantemente y con los niveles de calidad definidos por las industrias del mueble.

Bibliografía

Afanador, A. M. (2005). El banano verde de rechazo en la producción de alcohol carburante. *Revista EIA* (3), 51-68.

Aguilar, S., Ramírez, J., & Malagón, O. (2007). "Extracción de fibras no leñosas: Cabuya (*Furcraea andina* Trel.) y Banano (*Musa Paradisiaca* L.) para estandarizar un proceso tecnológico destinado a la elaboración de pulpa y papel". *Revista Iberoamericana de Polímeros* , 8 (2), 89-98.

Alkarkhi, A. F., Ramli, S. b., Yong, Y. S., & Easa, A. M. (Mayo de 2011). "Comparing physicochemical properties of banana pulp and peel flours prepared from green and ripe fruits". *Food Chemistry* , Available online 4 May 2011, ISSN 0308-8146 .

AUGURA. (2011). *Asociación de Bananeros de Colombia*. Recuperado en Marzo de 2011, de http://www.augura.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=62&Itemid=82

Aurore, G., Parfait, B., & Fahrasmane, L. (2009). "Bananas, raw materials for making processed food products". *Trends in Food Science & Technology* , 20 (2).

Aziz, N. A., Ho, L.-H., Azahar, B., Bhat, R., Cheng, L.-H., & Ibrahim, M. N. (2010). "Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* Colla cv. Awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours". *Food Chemistry* , 128 (3), 748-753.

BANATURA. (2007). *Guía para la preparación del suelo y adecuación de tierras para siembra nueva o renovación en el cultivo de banano*. AUGURA - Asociación

de Bananeros de Colombia, Comité técnico de mejores prácticas. Medellín: Lítomedellín.

Calvo, M. T. (27 de Abril de 2011). Iniciativas de transformación de banano en Colombia. (A. M. Gómez Berrio, Entrevistador)

Che Ahmad, Z. (1998). "Product development from banana". *First National Banana Seminar, Awana Genting (Malasia)* (págs. 11/23-25). Serdang (Malasia): UPM.

Desai, A. A. (2011). *Unconventional textiles in India - Banana Fibres*. Recuperado el 30 de Marzo de 2011, de Fibre2fashion : <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/8/747/unconventional-textiles-in-india-banana-fibres1.asp>

Duque Jaramillo Abogados - Químicos Inorgánicos Ltda. (2000). *Fermentación del banano para obtener alcohol, acetaldehído, ácido acético y vinagre*. Propuesta de inversión, Medellín.

FEDEBIOCOMBUSTIBLES. (2011). *Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia*. Recuperado en Mayo de 2011, de <http://www.fedebiocombustibles.com>

Gañán, P., Zuluaga, R., Cruz, J., Salazar, S., VILLA, C., & Hincapié, D. (2006). "Desarrollo de nuevos materiales y aplicaciones a partir de los residuos generados por la agroindustria de musáceas comestibles en Colombia". *XVII Reunión Acorbat*. 2, pág. 868. Joinville, Brasil: Acorbat/Acafruta.

Gómez Correa, Gildardo (2011) entrevista personal por Ana María Gómez Berrio, Medellín.

Grupo de Estudios Empresariales y Desarrollo Económico – GEDE. (2007). *Sector Agroindustrial Región Urabá Antioqueño*. Informe Consolidado de Consultoría para

la Gobernación de Antioquia, Universidad de Antioquia, Centro de Investigaciones Económicas CIE, Medellín.

Gujarat, A. I., MacDonald, M., & Bureau, I. E. (2005). *Gujarat Agro Industries Corporation Ltd*. Recuperado el 5 de Mayo de 2011, de Banana Fiber Extraction and Processing up to Textile: <http://www.gujagro.org/agro-food-processing/banana-fibre-processing-13.pdf>

Gutiérrez Botero, Santiago (2011) entrevista personal por Ana María Gómez Berrio, Medellín.

Hincapie, D., Villa, G. C., Rocha, L. A., Gañán, P., Kerguelén, H., Betancourt, S., y otros. (2010). "Paneles generados a partir de residuos de la agroindustria platanera". *XIX Reunión Internacional Acorbat. Único*, pág. 284. Medellín, Colombia: Impresos Ltda.

Hincapié Ramírez, Darío (2011) entrevista personal por Ana María Gómez Berrio, Medellín.

Ibrahim, M. M., A. D., W. K.-Z., & Agblevor, F. A. (2010). "Banana fibers and microfibrils as lignocellulosic reinforcements in polymer composites". *Carbohydrate Polymers* , 81 (4), 811-819.

ICIS.com. (2011). *Chemical Industry News and Intelligence*. Recuperado el Mayo de 2011, de <http://www.icis.com/v2/chemicals/9075312/ethanol/pricing.html>

J. Y., C. L., K. T., & K. T. (2010). Banana biomass as potential renewable energy resource: A Malaysian case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* , 14 (2), 798-805.

Lasso Muñoz, H., Restrepo Carmona, J. L., Zuluaga Mejia, F., & Uribe Lenis, J. E. (1990). *Estudio de prefactibilidad - Destileria de alcohó de banano*. Proyecto de inversión, Augura / Departamento Administrativo de Planeación Departamental / Fabrica de Licores de Antioquia, Medellín.

Miltemburg, J. (1996). *Estrategias de Fabricación*. Estado Unidos: Productivity Press.

Naranjo, E., & Vanegas, L. S. (2009). "Mercado de alimentos funcionales. *Alimentos*". *La revista para la industria de alimentos* , 9 (3), 48-51.

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. (10 de Febrero de 2011). *FAOSTAT*. Recuperado el 10 de Febrero de 2011, de FAOSTAT: <http://faostat.fao.org/site/291/default.aspx>

Osorio Betancur, Luis Alfonso (2011) entrevista personal por Ana María Gómez Berrio, Medellín.

Paredes Alvarado, Rodolfo Aquileo (2011) entrevista personal por Ana María Gómez Berrio, Medellín.

Rodriguez-Ambriz, S., Islas-Hernandez, J., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Bello-Perez, L. (15 de Abril de 2008). "Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour". *Food Chemistry* , 1515-1521.

Roldán, D., Salazar, M., González, F., & Peña, Y. (2004). *La Cadena de Banano en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio Agrocadenas Colombia. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Romero, A., Aguilar, S., & Ruiz, Á. A. (2005). *Diseño del proceso de producción de alcohol carburante a partir de la planta de banano*. Recuperado el 16 de Marzo de 2011, de http://www.unalmed.edu.co/bioetanol/dise%F1o_proceso_alcohol_carburante_banano.doc

Saldarriaga Fernández, L. C., Ramírez, M., Sanchez A., H., & Gómez V., J. A. (1982). *Estudio de materia prima y proyecto de planta piloto de alcohol de banano en Urabá*. Proyecto de inversión, Gobernación de Antioquia, Medellín.

Sarmiento Rubiano, L. (2006). Alimentos funcionales, una nueva alternativa para alimentación. *Revista Orinoquia* , 10 (1), 16-23.

Sistema Madri+d. (27 de Octubre de 2006). *Asesorías de biotecnología*. (mi+d) Recuperado el 29 de Mayo de 2011, de *¿Por qué se produce el pardeamiento en algunas frutas y cómo se puede controlar?:* <http://www.madrimasd.org/biotecnologia/Asesorias/Agroalimentacion/5787.aspx>

Soto, M. (1991). *Bananos: Cultivo y comercialización* (Tercera edición ed., Vol. Único). San José, Costa Rica: LIL S.A.

Soto, M. (1994). El banano. En G. Cortés Enríquez, F. Instituto, & U. E. Rica), *Atlas agropecuario de Costa Rica* (pág. 513). Costa Rica: EUNED.

Superintendencia de Sociedades. (2005). *Sociedades Comercializadoras Internacionales de banano y Productoras*. Recuperado el 21 de Marzo de 2011, de <http://sirem.supersociedades.gov.co/SIREM/index.jsp>

TAGUA, L. E. (2010). *Licores Exóticos de Colombia Ltda*. Recuperado el 6 de Abril de 2011, de <http://licoexcoltagua.com/home>

TNF Eco Papers. (2010). *Recycled Paper - Banana Papers - Coffee Papers by Banana Paper in Costa Rica*. Recuperado el 30 de Abril de 2011, de <http://thebananapapercompany.com/about.htm>

U.S. Department of Agriculture. (2011, Febrero 1). *Economic Research Service*. Retrieved Agosto 17, 2011, from Fruit and Vegetable Prices: Fruit: <http://www.ers.usda.gov/Data/FruitVegetableCosts/fruit.htm>

UNIBAN. (2011). *UNIBAN*. Recuperado el Marzo de 2011, de <http://www.uniban.com/htm/quienes.htm>

Wikipedia. (2011). *WIKIPEDIA, la enciclopedia libre*. Recuperado el 3 de Abril de 2011, de Alimentos funcionales: http://es.wikipedia.org/wiki/Alimentos_funcionales

Zuluaga Gallego, Robín (2011) entrevista personal por Ana María Gómez Berrio, Medellín.

Zapata Zuluaga, D. P., & Franco Ocampo, D. F. (1999). "Industrialización del banano de rechazo bajo el concepto de cero emisiones". Medellín, Colombia: P.V.p. Trabajo de grado (Ingeniería de Producción). Universidad EAFIT.