

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

Adriana Catalina Alba Castillo

Juan Sebastián Reina Deaza

Thimy Alexandro Acero Vargas

Análisis de factibilidad de un proyecto productivo que utilice el bagazo de caña panelera como materia prima para la producción de bioetanol y papel

Trabajo de Grado

Bogotá, Colombia

2014

UNIVERSIDAD DEL ROSARIO



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

Adriana Catalina Alba Castillo

Juan Sebastián Reina Deaza

Thimy Alexandro Acero Vargas

Análisis de factibilidad de un proyecto productivo que utilice el bagazo de caña panelera como materia prima para la producción de bioetanol y papel

Trabajo de Grado

Tutor:

Ing. Clara Inés Pardo

Bogotá, Colombia

2014

Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Importancia de la panela a nivel mundial	6
2.2. La panela en el contexto Colombiano.....	7
2.2.1. Normatividad de la actividad productiva	9
2.3. Cadena productiva de la panela	11
2.4. La panela y la economía colombiana	12
2.4.1. Partida arancelaria y gravamen de importación	14
2.5. Análisis comparativo de la panela y el azúcar	15
2.6. Utilización de los sub productos de la panela	17
2.6.1. Producción de bioetanol a base de bagazo de caña.....	17
2.6.2. Producción de papel a base de bagazo de caña	20
2.7. Investigaciones realizadas sobre la utilización de los subproductos.....	21
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	23
3.1. Revisión de literatura	23
3.2. Selección de área de estudio	23
3.3. Recolección de información y datos	24
3.3.1. Recolección de datos secundarios.....	24
3.3.2. Recolección de datos primarios	24
CAPÍTULO 4 RESULTADOS.....	26
4.1. Diagnóstico del área de estudio	26
4.1.1. Proceso de producción	26
4.1.2 Rentabilidad de los trapiches	27
4.1.2. Estudio de tiempos y movimientos	28
4.2. Análisis de información	29
4.3 Análisis del potencial cierre de la cadena	30
4.3.1 Fabricación de papel	30
4.3.2 Fabricación de etanol:	32
4.3.3 Bagazo como combustible	33
5. CONCLUSIONES	36

REFERENCIAS..... 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del mercado azucarero en el mundo	4
Figura 2. Importaciones a nivel mundial	7
Figura 3. Cadena Productiva de la Caña Panelera	12
Figura 4. Trapiches por Departamento	13
Figura 5. Vías para la producción de etanol.....	18
Figura 6. Composición química del bagazo de caña.....	18
Figura 7. Proceso de Producción de Bioetanol a Base de Caña.....	19
Figura 8. Proceso de producción del papel	21
Figura 9. Diagrama de proceso de producción de la Panela	27

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Producción de panela por tonelada y por País	5
Tabla 2. Consumo Interno Aparente vs Exportaciones (2003-2004)	7
Tabla 3. Producción nacional de caña de azúcar 2011	8
Tabla 4. Consumo Nacional de Panela	14
Tabla 5. Importaciones Mundiales.....	15
Tabla 6 Análisis comparativo del azúcar y la panela para 1000 gramos Instituto Anboisse Francia)	16
Tabla 7 Costos de producción.....	28
Tabla 8 Tiempos y movimientos en la producción de panela.....	28
Tabla 9 Insumos para la fabricación de 1 Ton de papel	30
Tabla 10 Relación de costos de producción.....	31
Tabla 11 Insumos para la fabricación de un galón de bioetanol.....	32
Tabla 12 Costos de producción.....	32
Tabla 13 Calidad de energía dependiendo de la humedad de la caña.....	33
Tabla 14 Cuadro comparativo posibles cierres del ciclo productivo	34

GLOSARIO

Análisis de ciclo de vida del producto: se refiere la identificación, caracterización y cuantificación de los posibles impactos ambientales asociados a las diferentes etapas de ciclo de vida del producto. Los impactos ambientales inician con la extracción de las materias primas, seguido del proceso de transformación en productos terminados, finalizando cuando la vida útil del mismo termina, este se convierte en un residuo o material no aprovechable (Basados en las definiciones dadas en la norma ISO 14040, numeral 3-Terminos y Definiciones 3.2 análisis del Ciclo de vida; y del trabajo de grado la sostenibilidad en el diseño industrial de Jaen M. Itziar y Villanueva R. Pedro; Numeral 3.8 Pagina 21, Universidad Publica de Navarra¹).

Procesos de logística inversa: El término de logística Inversa o logística de reversa es comúnmente utilizado para referirse al retorno de productos a los centros de distribución (control de devoluciones)” reciclado, reutilización o sustitución de materiales, eliminación de residuos y desperdicios, reparación y re-manufacturación de los mismos². algunos de los beneficios que se pueden logran con la implementación de procesos de logística inversa son: Cumplimiento de la legislación ambiental, disminución en los costos de producción, ahorros en compra de materias primas, reconocimiento por responsabilidad social y ventaja competitiva (Basados en el Artículo “la logística después de la logística, escrito por Vargas M. Luis Daniel; para la Revista de Logística) ”.

Cadena de valor: Michael Porter en 1980, propuso la cadena de valor como la principal herramienta para identificar fuentes de generación de valor para el cliente. En la empresa se realizan una serie de actividades para diseñar productos, producirlos, comercializarlos y distribuirlos esta serie de actividades constituye dicha cadena.

La cadena de valor tiene 9 actividades, que se dividen en, 5 primarias y 4 de apoyo. Como actividades primarias se consideran: la logística de entrada de materias primas (Compras y Abastecimiento); la transformación (producción); logística de salida (distribución), el marketing y las ventas como aspectos promocionales y de servicios después de que el producto es entregado al cliente final (Basados en la Ilustración de la Cadena de Valor de Michael Porter, de

Libro Diagnostico Organizacional, Evaluación sistémica del Desempeño empresarial en la era digital Vidal Arizábal, Elizabeth ver numeral 9,1 pag 206)³.

Cachaza: la cachaza es generada tras hervir el jugo de caña en la superficie del mismo se concentran las impurezas compuestas por los materiales solidos y jugos de caña de sabor dulce. (Basados en el Documento Caracterización Ocupacional de la Panela, SENA)

Melote: Con el fin de evitar la rápida fermentación de la cachaza, en la industria panelera ésta se deshidrata para lograr aumentar la vida útil del producto, el melote se conserva por un periodo de dos a tres meses sin perder sus características nutricionales. En el proceso de deshidratación, El melote obtenido equivale a la mitad del peso de la cachaza. (Basados en el Documento Caracterización Ocupacional de la Panela, SENA)

Cogollo: Es la parte superior de la plántula, la cual no es utilizada en la producción de panela, y es dejada en el cultivo. El cogollo está constituido por hojas y una sección de tallo (Basados en la Conversación con el Señor Carlos Pérez del Municipio de Nocaima).

Bagazo o Bagazillo: Es producto fibroso que se obtiene durante la molienda de la caña. El bagazo se usa en gran medida como combustible para las calderas en el proceso de producción, (en la industria azucarera) una parte es destinada a ser reciclada y ser usada como materia prima para fabricar papel. (Villegas, Aguila, Fiestas, Arce, & Vargas, 2010).

RESUMEN

El presente trabajo analiza el sector panelero colombiano y la viabilidad de implementar un proyecto productivo capaz de transformar los residuos generados en el proceso de producción de la panela en nuevos productos como bioetanol o papel, de esta manera, se busca contribuir al cierre del ciclo productivo y la generación de nuevas alternativas de trabajo para la región. Para llevar a cabo este trabajo se realizó un estudio de campo en 15 trapiches de la región de Cundinamarca, donde se encontró que este residuo es utilizado dentro del proceso como fuente de energía (combustible). Adicionalmente, se revisó información secundaria relacionada con la producción de papel y etanol; posteriormente se realizó un proceso de análisis de la información enfocado en la capacidad energética del bagazo, los costos asociados a los procesos de producción y el impacto ambiental de los mismos, con el fin de determinar mediante un análisis de factibilidad la implementación de una nueva infraestructura que permita desarrollar procesos de producción. Finalmente, después de realizar el análisis de factibilidad teniendo en cuenta el impacto ambiental y la eficiencia energética del bagazo, teniendo en cuenta la cantidad de bagazo mensual producida y la capacidad instalada de las plantas de transformación de papel y etanol, se llegó a la conclusión que es más eficiente y viable utilizar este insumo como combustible en las molindas de la región.

Palabras Clave

Panela, caña de azúcar, bagazo, bioetanol, papel, ciclo de vida del producto, factibilidad.

ABSTRACT

This paper analyses the Colombian productive sector of Non Centrifuged Sugar (Panela). Besides, the viability of implementing a productive project, which be able to transform the subproducts of the NCS production process into new products like bioethanol or paper. In that way, the objective is to close the production cycle and develop new alternatives of work in the region. In order to develop this work, a field of study was performed with 15 *trapiches* located in Cundinamarca. By doing this, it was found that the subproducts are used like fuel inside the production. Furthermore, information about paper and ethanol production was searched. Then the information was analyzed **by** looking for *Bagazo*'s energetic capacity, the production cost and the environmental impact. The objective was to analyze the implementation of a new infrastructure of production. Finally, after analyzing the results, the conclusion was that it is more efficient to use the *bagazo*, like fuel in NCS production.

Key Words

Panela (non centrifuged sugar), sugarcane, *bagazo*, bioethanol, paper, product cycle life, factibility.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Este documento de investigación se enfoca en el sector panelero colombiano, el cual es una gran fuente de trabajo a nivel agrícola en la zona tropical del país. La panela, es un producto sustituto de los endulzantes comerciales a menor costo y con gran fuente de calorías, razones que impulsan al consumo interno. La producción de panela en el país se concentra en los departamentos de Cundinamarca, Tolima y Santander, en este estudio trabajaremos de forma específica en el municipio de Nocaima, Cundinamarca.

Como resultado de la producción panelera se generaran diferentes residuos como la melaza, el bagazo y la cachaza, residuos que en algunos casos no son utilizados de la manera más adecuada, esta investigación busca analizar la factibilidad de cerrar el ciclo productivo con la producción de bienes derivados del procesamiento del bagazo de caña, productos como el etanol y papel, los cuales entrarían nuevamente al proceso como etiquetas y combustible.

La pregunta a resolver con la presente investigación es: ¿Cuáles son las posibilidades de desarrollar un proceso productivo que utilice el bagazo de caña de la panela para la fabricación de subproductos como el papel y el bio-etanol?, pregunta que será resuelta a lo largo del documento mediante la investigación de fuentes primarias y secundarias que permitan identificar las ventajas y desventajas de desarrollar dichos procesos determinando lineamientos para su implementación.

Como resultado de la producción de panela se generan tres subproductos principales, de estos, el menos utilizado es el bagazo, al cerrar el ciclo de vida del producto, se plantea un mejor aprovechamiento de los subproductos así como la disminución del impacto ambiental generado por dicho desecho a su vez se pretende enunciar los beneficios económicos para los productores del sector derivados de la transformación del residuo en papel y bioetanol, tanto para venta como para uso interno de estos nuevos productos como materias primas o material secundario para el desarrollo del proceso. La importancia de la realización de este proyecto radica en el aprovechamiento de los residuos derivados del proceso de producción, que contribuirá a una

adecuada disposición de los mismos y generará nuevas fuentes de ingreso para los productores, incursión en nuevos mercados y diversificación del negocio.

La propuesta de análisis de implementación de un proyecto productivo para la fabricación de bioetanol y papel, pretende analizar los impactos ambientales mitigados, así como el impacto social derivado de la implementación del centro productivo, de esta manera se relaciona con la propuesta de la línea de investigación al cual está inscrito, que busca determinar como el componente ambiental puede influir en los procesos productivos. El componente de perdurabilidad se relaciona con la propuesta de cierre de ciclo de vida del producto y reutilización de residuos derivados de la producción.

La finalidad de este trabajo es evaluar la manera más eficiente de cerrar el ciclo de vida de la producción de panela, su importancia para el desarrollo del sector, la importancia del manejo adecuado de los residuos a partir de la implementación de un proceso productivo que facilite el procesamiento de los residuos y la generación de nuevos productos. Por lo tanto, el objetivo general que direcciona este trabajo es el siguiente: Analizar la implementación de un proyecto de cierre de ciclo de vida de la producción de panela, con la fabricación de etanol y papel a base de bagazo de caña, en las áreas de influencia de producción de panela. Teniendo como base los procesos de logística inversa en los cuales se pretende integrar y cerrar el ciclo de vida de un producto, reutilizando los residuos para la fabricación de subproductos y minimizando el impacto ambiental. Así mismo los objetivos específicos son los siguientes:

- Caracterizar el sector productivo de la panela desde la perspectiva del análisis de ciclo de vida.
- Realizar el estudio de factibilidad del proceso de transformación de bagazo de caña en papel y etanol.
- Definir los impactos económicos, ambientales y sociales del proyecto propuesto.

El siguiente trabajo se estructura de la siguiente manera en el capítulo 2 se presenta la importancia de la producción de panela en Colombia, la producción mundial, los principales usos de los subproductos y su importancia para el proceso, en el capítulo 3 se realizará el proceso de

verificación de información primaria y secundaria y finalmente en el capítulo 4 se describirá el área de estudio y se evaluará la mejor alternativa de cierre de ciclo productivo.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

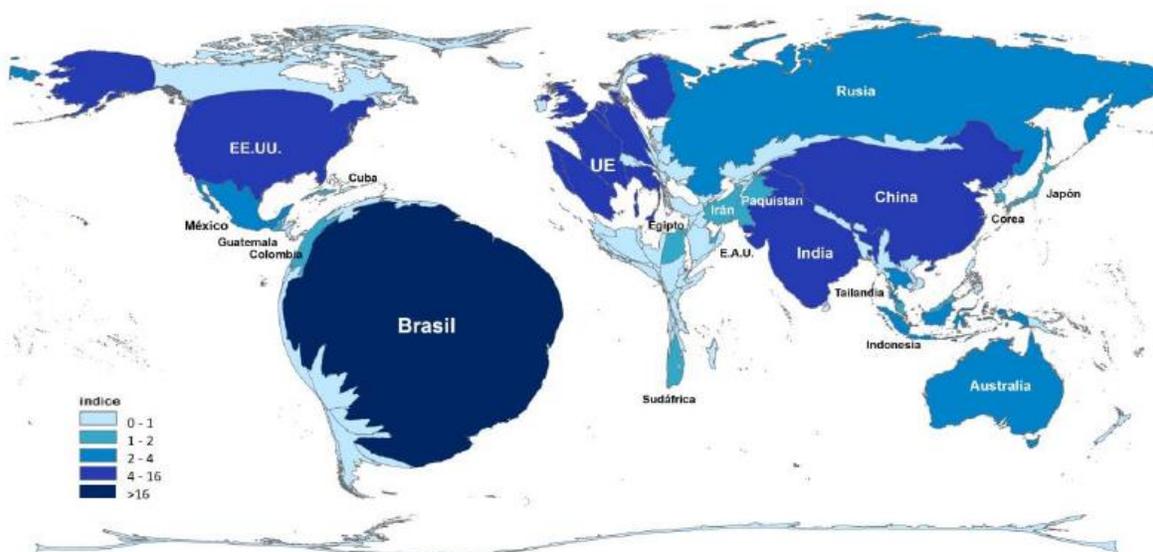
En este capítulo se mencionan los aspectos principales de la cadena de valor panelera como son la producción a nivel mundial y nacional así como su importancia, su proceso de producción, la legislación que cubre la realización de esta actividad y finalmente los posibles usos de los residuos generados por el desarrollo de los procesos productivos. Esto con el fin de generar un contexto para entender la importancia de este producto, sus características, usos y de esta manera tener las herramientas para dar solución a la pregunta planteada al inicio del trabajo.

La panela es un producto agrícola cultivado en las regiones tropicales del mundo, cuenta con gran fuente de nutrientes y calorías, es un producto sustituto del azúcar y otros endulzantes comerciales, es un producto de gran producción a nivel latinoamericano y en países como Pakistán, Bangladesh e India. Su importancia para la producción latinoamericana está enfocada en que representa una fuente de trabajo para el sector campesino, así mismo es un producto de gran consumo principalmente por su bajo precio y gran contenido energético.

Según la organización nacional de las naciones unidas para la agricultura FAO la producción mundial de panela para el año 2007, puso en el mercado alrededor de 13 millones de toneladas. Los países latinoamericanos de mayor participación en la producción mundial de panela son Colombia, Brasil, Venezuela, Guatemala, México, Honduras, Perú, Haití, Costa Rica, Nicaragua y Panamá.

En cuanto al procesamiento de caña de azúcar en el resto del mundo, en el año 2012 alcanzó las 181 millones de toneladas, en países como India, China, Pakistán entre otros. India es el mayor productor de panela a nivel mundial con una participación del 64%, seguido por Colombia con un 14%, Pakistán con un 9%, China con un 4%, Brasil y Bangladesh con un 3%.

Figura 1. Mapa del mercado azucarero en el mundo



Fuente: FAO, 2012

El Gobierno Nacional de Colombia en el año 2008 presentó un ante-proyecto con el objetivo de generar un documento Codex para armonizar la normatividad internacional que se tiene en cuanto al comercio de la panela, con el objetivo de mitigar las grandes limitaciones y prohibiciones ya que el producto no tiene un respaldo normativo avalado por la comunidad internacional. En este sentido, Colombia propone la elaboración de la norma Codex sobre la panela, apoyándose en que este endulzante es de gran interés para otros países productores y exportadores como: India, Pakistán, Myanmar, Bangladés, China, Brasil, Filipinas, Guatemala, México, Perú, Kenia, Honduras, Haití, Uganda, Nigeria, Ecuador, Bolivia y Panamá (ver Tabla 1); así mismo para países importadores como: Alemania, Antillas Holandesas, Aruba, Australia, Canadá, Chile, Costa Rica, Croacia, Emiratos Árabes Unidos, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Irán, Italia, Japón, Malasia, Nepal, Países Bajos, Polonia, Reino Unido, Rusia, República unida de Tanzania, Somalia, Sudáfrica, Suiza y otros.

Según cifras de la FAO, 25 países en el mundo producen panela. Para el periodo 1998- 2002, la India concentró el 85% de la producción mundial, mientras que Colombia cerca del 13%, sin embargo, hay muchos países alrededor del mundo productores de panela (ver tabla 1).

Tabla 1. Producción de panela por tonelada y por País

Puesto	País	1992	2002	Acumulado Producción 1998-2002	Participación (%) 1998 - 2002	Crecimiento (%) 1992- 2002
1	India	8.404.000	7.214.000	42.448.000	86.1%	-1,1%
2	Colombia	1.175.650	1.470.000	6.858.840	13,9%	1,9%
3	Pakistán	823	600	2.872	0,0058%	-8,2%
4	Myanmar	183	610	2.486	0,0050%	11,5%
5	Bangladesh	472	298	2.145	0,0043%	-1,3%
6	China	480	400	2.112	0,0043%	-2,1%
7	Brasil	240	210	1.320	0,0027%	1,2%
8	Filipinas	101	127	565	0,0011%	2,1%
9	Guatemala	56	44	228	0,0005%	-2,8%
10	México	51	37	183	0,0004%	-4,6%
11	Perú	25	28	129	0,0003%	0,7%
12	Kenia	25	23	120	0,0002%	-0,6%
13	Honduras	32	21	106	0,0002%	-6,7%
14	Haití	40	21	106	0,0002%	-8,6%
15	Uganda	13	15	75	0,0002%	1,6%
16	Nigeria	24	14	74	0,0002%	-4,8%

Fuente: FAO y Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, 2008

Es importante resaltar que los países productores de panela son países en vías de desarrollo con economías rurales. Puede ser de gran interés explotar las alternativas de comercio internacional

para el uso de la panela como insumo o producto dirigido a comercialización directa dependiendo de la factibilidad de cada alternativa.

En el mercado Colombiano, la panela es un bien de consumo inferior esto implica que a medida que los ingresos de las personas aumentan, el consumo de panela disminuye una de las causales es la gran cantidad de bienes sustitutos de mayor reconocimiento por calidad y estatus social. Es por ello que pensar en la panela como un producto con crecimiento para la venta directa (para hacer agua de panela) no es justificable, se puede inferir que a medida que la economía global crece el consumo de panela disminuirá. La alternativa que salta a la vista es la comercialización de panela como insumo y/o componente de productos elaborados como postres, tortas, bebidas en general y productos que necesiten contener edulcorantes, esta panela debe estar granulada o en forma líquida para facilitar la manipulación en las demás industrias.

La ventaja que tiene la panela sobre sus diversos sustitutos edulcorantes (Azúcar refinada, jarabe de maíz, edulcorantes artificiales entre otros), es su composición altamente nutricional, y su producción orgánica; la industria panelera debe trabajar en generar panela (en sus diferentes variedades) de alta calidad, que sostenga campañas de mercadeo para permitir cambiar la imagen de ser un bien inferior principalmente en la industria, para ser vendido como un producto nutritivo, que genere diferenciación en el sabor de los productos finales que lo compongan.

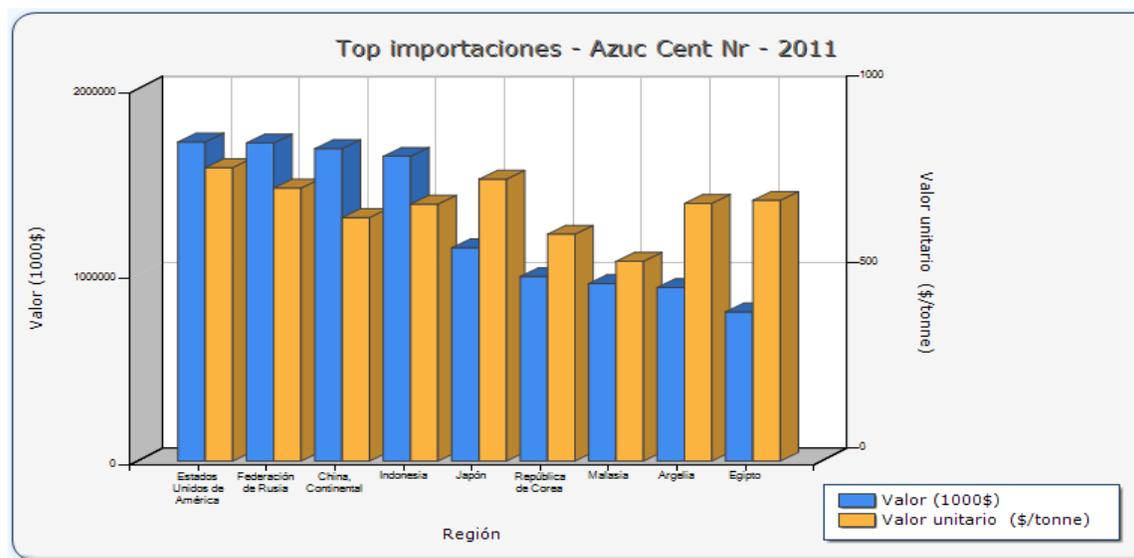
Además de buscar alternativas para la producción limpia y eficiente, el empaquetado y etiquetado que asegure la conservación y comercialización del producto. Y muestren una capacidad de atraer al consumidor.

2.1. Importancia de la panela a nivel mundial

Según el servicio agrícola extranjero del departamento de agricultura de Estados Unidos (FAS por sus siglas en inglés) entre Enero y Julio del 2004 este país importó US\$231.88 millones (561.815,9 toneladas) (Ver figura 2). de la partida arancelaria 17.01.11.10.00 en la que se incluyen todos los demás azúcares de caña crudos, puros y sólidos no definidos, de este monto el 3,7% correspondió al producto de origen colombiano (21.447,6 toneladas por valor de US\$ 8.578.800) los principales proveedores de esta partida arancelaria en Estados Unidos de América son República Dominicana (23,13%) y Brasil (20,67%).

Para el año 2007, Rusia importó en valor 1.106 millones de dólares, representado cerca del 10% del total mundial, el cual ascendió a 11.444 millones de dólares. El Reino Unido con 812 millones de dólares, desplazó a Estados Unidos de América que solo registró 677 millones de dólares. (Base de datos estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, 2011).

Figura 2. Importaciones a nivel mundial



Fuente: FAO, 2011

2.2. La panela en el contexto Colombiano

En Colombia la panela es uno de los productos de mayor producción y consumo a nivel nacional, al igual que para los países latinoamericanos es fuente de trabajo para gran parte del sector campesino. La mayoría de la producción colombiana de panela está enfocada al consumo interno (ver tabla 2).

Tabla 2. Consumo Interno Aparente vs Exportaciones (2003-2004)

	Producción	Exportaciones	Consumo Aparente
2003	1.657.431	5.346	1.652.085
2004	1.696.186	4.701	1.691.485

Fuente Ministerio de Agricultura y DANE

Se caracteriza por ser una actividad de ámbito rural en pequeñas explotaciones de producción artesanales en trapiches. En Colombia se cultiva en forma productiva desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 2.000 metros.

El mercado de la panela utiliza el 12,8% de la población rural económicamente activa, siendo el segundo generador de empleos después del café, la producción de panela forma el 1,3% del PIB Nacional y el 7,7% del PIB agrícola.

En Colombia la producción de la panela está fragmentada en dos grupos importantes y de diferentes características, el primero la producción a gran escala, factorías y consorcios de explotación de caña de azúcar y en segundo lugar la producción a menor escala, las llamadas moliendas de trapiche caracterizada por ser una producción rural. Los procesos de producción de la caña de azúcar se centra en 4 zonas principales según lo que presenta el ministerio económico, industria y turismo en el reporte de perfiles económicos por departamento en el año 2011, estas zonas son Cundinamarca, Boyacá y Antioquia con una producción total de 495.764 toneladas por año que representan el 40% del total de producción de panela en el país. La producción total de panela en Colombia en el año 2011 fue de 1.220.277 toneladas, la distribución por zonas presentado en la tabla 3.

La agroindustria panelera a afrontado una de las crisis más graves, con sobreproducción, precios en caída y falta de organización para la comercialización de su producto, lo cual a su vez a impedido aplicar nuevas y mejores tecnologías que le permita obtener un producto de mayor calidad y más atractivo para el consumidor.

Tabla 3. Producción nacional de caña de azúcar 2011

PRODUCCION NACIONAL DE CAÑA DE AZUCAR 2011		
DEPARTAMENTO	PRODUCCIÓN EN TONELADAS	% TOTAL DE PRODUCCIÓN
Antioquia	148949,00	12,20%
Boyacá	159752	13,09%
Cundinamarca	187063	15,32%
Huila	25131	2,059%
Santander	232,11	0,019%
Valle del Cauca	35208	2,88%
Caquetá	17	0,00139%
Cauca	58867	4,82%

Quindío	5	0,00041%
Caldas	48	0,003%
Arauca	605	0,049%
Sucre	1124	0,092%
Amazonas	16.00	0.0013%
Bolívar	8273.00	0.67%
Caldas	49180.00	4.03%
Casanare	940.00	0.07%
Cesar	14864.00	1.21%
Córdoba	1230.00	0.10%
Choco	3613.00	0.29%
Meta	10702.00	0.87%
Nariño	100855.00	8.26%
Putumayo	6241.00	0.51%
Quindío	5180.00	0.42%
Risaralda	26115.00	2.1%

Fuente: Los autores.

2.2.1. Normatividad de la actividad productiva

Para desarrollar la producción de panela las molindas y sectores de producción deben cumplir con una serie de normatividad del ministerio de agricultura y el ministerio de protección social, que está enfocada en la delimitación de áreas de producción, formas de empaquetado adecuado y normas de salubridad dentro de las cuales se encuentra la no utilización de fluidos químicos cerca a los centros de producción la tabla 4 describe la normatividad más importante del sector.

Tabla 4. Normatividad de la actividad productiva

Resolución	Temática tratada	Importancia con el cierre del ciclo productivo de la panela
Resolución 4121 del 2011-ministerio de protección social	Regula el control de calidad de bienes y servicios ofrecidos y prestado a la comunidad. Así como la información que debe suministrar al público en su comercialización tales como: -Requisitos de establecimiento y funcionamiento de los trapiches, en el caso en que uno de estos no cumpla con los requisitos	Se establecen las normas de salubridad especiales para la fabricación de bienes de consumo humano. Así mismo enuncia las normas mínimas que deben cumplir los establecimientos en este caso los trapiches para la

	<p>sanitarios relacionados infraestructura, equipos y utensilios, se permitirá su funcionamiento, caso en el cual, lo propietarios deben presentar un plan de cumplimiento aprobado por el Invima, siempre y cuando se garantice la calidad del producto.</p> <p>Se establecen áreas como</p> <p>Sala de proceso de proceso: are donde se realizan forma secuencial las etapas de cocción, evaporación, condensación, moldeo envase y embalaje de panela. Adicional en los trapiches se debe contar con el área de recepción, producción y almacenamiento bien definidos para evitar contaminación cruzada.</p>	<p>realización de los procesos de producción de la panela, como lo son las salas de proceso, delimitación de áreas de trabajo, entre otras.</p> <p>El correcto seguimiento de las normas permite obtener residuos óptimos para el desarrollo de las actividades propuestas en el cierre del ciclo panelero.</p>
Resolución 3544 de 2009 - ministerio de protección social	Aplica los plazos para el cumplimiento de los requisitos de envase individual y rotulado de la panela hasta septiembre del 2011.	Determina las características del envasado y etiquetado de los productos. De la producción de la panela se derivan productos que se pueden utilizar para la producción de papel y el etiquetado de la panela.
Resolución 258 del 2010- ministerio de agricultura	Se otorga un apoyo al transporte en las zonas de producción de miel de las distintas regiones del país, el objetivo es dar un apoyo a los productores de miel panelera principal insumo para la producción de panela. con el fin de ayudar a regular el mercado y contribuir con la incursión a nuevos sectores.	Enuncia los sistemas de regulación del sector factores que inciden en el desarrollo de los procesos de producción y cierre del ciclo.
Resolución 3462 del 2008- ministerio de protección	Establece la inscripción tanto de los trapiches paneleros como de	Herramienta que ayuda a la identificación del área de

social	<p>las centrales de acopio de mieles provenientes de los trapiches paneleros y aplica el plazo de cumplimiento de los siguientes requisitos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Separación de la vivienda 2. Delimitación física entre el área de recepción, producción, almacenamiento y servicios sanitarios. 3. Sistemas sanitarios deben estar conectados a un sistema de disposición de residuos. 4. Paredes, pisos y techos en buen estados y elaborados en un material de fácil limpieza. 	influencia, para el desarrollo de la actividad de investigación.
Resolución 779 de 2006-ministerio de protección social	Establece los requisitos de fabricación y comercialización de panela de consumo humano.	

Fuente: Los autores.

2.3. Cadena productiva de la panela

Se entiende como cadena productiva al conjunto de actores que intervienen en el proceso de transformación desde las materias primas hasta el producto terminado. Para el caso de sector de la panela se cuenta con 5 eslabones importantes, primero proveedores de materias primas para cultivo quienes son los encargados de aprovisionar a los propietarios de las áreas de cultivo los insumos para la siembra de la caña; en segundo lugar encontramos a los cultivadores de caña quienes son los encargados de realizar el proceso de siembra, extracción y procesamiento de la caña de azúcar en panela (producción en las moliendas); comercializador mayorista son los encargados de la venta y comercialización del producto terminado, comercializador minorista y cliente final con la venta por retail del producto (cadenas de supermercados, tiendas de barrio). La figura 3 describe la cadena productiva de la caña panelera.

Figura 3. Cadena Productiva de la Caña Panelera



Fuente: Los autores

Un enfoque más industrial de la panela, puede rediseñar la cadena productiva al incluir actores intermedios de transformación productiva, por ejemplo, al usar la panela como edulcorante para gaseosas, dulces, galletas o repostería, la cadena productiva tomaría a la panela granulada como insumo de un producto con un grado superior de transformación.

2.4. La panela y la economía colombiana

La producción de panela está destinada al mercado de consumo interno, así mismo es considerada como una de las actividades de producción agrícola más importantes por el número áreas de producción y la mano de obra implementada para realizar la actividad. En los sectores de influencia de Santander - Boyacá, Cundinamarca y Valle representa la mayor fuente de trabajo y sustento para la población rural y es ahí donde radica su importancia para la economía nacional.

A continuación se hace referencia al total de centros de producción de panela durante el año 2010, se registraron alrededor de 17.883 trapiches (ver figura 4), con un total de áreas cultivadas del 240.418 hectáreas.

Figura 4. Trapiches por Departamento

Nº	DEPARTAMENTO	AREA SEMBRADA HA	AREA COSECHADA HA	PRODUCCION TON	RENDIMIENTO TON	PRODUCTORES ENP (Encuesta Nacional Panelera) (60%)	TRAPICHES (INVIMA)
1	Amazonas	108	91	330	3,63		2
2	Antioquia	45.051	37.862	157.093	4,15	2.400	3.102
3	Arauca	1.171	986	3.418	3,47	8	9
4	Bolívar	1.122	945	7.316	7,74		5
5	Boyacá	17.353	14.549	212.353	14,60	2.382	715
6	Caldas	16.038	13.498	76.274	5,65	3.052	1.383
7	Caquetá	1.672	1.404	8.165	5,82	1.296	193
8	Casanare	259	218	886	4,07		32
9	Cauca	15.881	13.319	64.920	4,87	7.303	3.121
10	Cesar	4.070	3.427	14.968	4,37		160
11	Chocó	2.048	1.724	3.346	1,94		57
12	Córdoba	327	275	1.027	3,74		16
13	Cundinamarca	48.001	40.379	175.904	4,36	8.094	3.598
14	Guaviare						6
15	Huila	5.964	4.905	49.109	10,01	2.938	931
16	La Guajira	39	33	198	6,00		
17	Magdalena	n	0	0	0,00		
18	Meta	2.683	2.257	15.299	6,78		22
19	Nariño	13.184	10.907	73.928	6,78	5.223	446
20	Norte de Santander	11.272	9.484	42.226	4,45	1.043	720
21	Putumayo	2.540	2.117	5.388	2,54		13
22	Quindío	326	274	2.327	8,48		17
23	Risaralda	4.827	4.058	26.901	6,63	1.667	414
24	Santander	22.355	18.783	226.915	12,08	2.308	1.032
25	Sucre	353	297	1.439	4,85		302
26	Tolima	16.335	13.649	71.024	5,20	1.905	1.252
27	Valle del Cauca	7.438	6.256	33.979	5,43	342	335
	TOTALES	240.418	201.695	1.274.733	6,32	39.961	17.883

Fuente: Fedepanela 2011

Tabla 4. Consumo Nacional de Panela

Producción				
Año	Caña Molida	Producción total	Consumo nacional aparente total	Exportaciones total
2002	20,505,446	2,528,756	1,448,286	1,127,229
2003	21,669,400	2,649,966	1,468,367	1,287,256
2004	22,165,278	2,741,363	1,561,281	1,232,782
2005	21,784,805	2,683,215	1,575,028	1,179,642
2006	22,019,933	2,415,145	1,585,881	925,565
2007	21,090,203	2,277,120	1,718,609	716,380
2008	19,207,728	2,036,134	1,715,229	478,442
2009	23,588,646	2,598,496	1,651,034	1,053,939
2010	20,272,594	2,077,613	1,623,284	694,396
2011	22,728,758	2,339,988	1,593,871	942,035
2012	20,823,629	2,196,680	1,749,693	757,462
2013	19,741,105	2,063,801	1,660,285	627,445

Fuente: Los autores.

2.4.1. Partida arancelaria y gravamen de importación

Hace algunos años la “panela” no tenía una subpartida arancelaria propia a nivel mundial. Se le clasificaba dentro de de la PA 17.01.11 que reunía todos los “azúcares de caña en bruto sin aromatizar ni colorear en estado sólido” solo en algunos países productores este producto tenía su propia sub-partida arancelaria. La 17.01.11.10.00.

El comité del sistema armonizado de la Organización Mundial de Aduanas (OMA), adoptó una enmienda para la partida 17.01 con el fin de facilitar el comercio internacional de la panela, disminuir los costos en sus operaciones y agilizar la comparación y el análisis de sus estadísticas. Esta decisión fue avalada el 26 de junio de 2009, en donde fue aprobada por consenso una nueva subpartida dentro del capítulo 17 1701.13 azúcar de caña mencionada en la nota 2 sobre la subpartida del presente capítulo-PANELA. Colombia ha venido siendo beneficiada de tarifas aplicadas a importaciones de ANC (Panela) menores, en comparación al promedio de países productores, como se ve en la tabla 5.

Tabla 5. Importaciones Mundiales

Tarifas Totales equivalentes ad Valorem aplicadas a importaciones de ANC desde exportadores de ANC por algunos Países desarrollados			
	Europa (PA 170113)	EEUU (PA 170111)	Japón (PA 170113)
India	60%	20,36%	60%
China	50%	40,72%	50%
Tailandia	29,59%	20,38%	15%
Colombia	15%	20,36%	15%
Pakistán	15%	20,36%	15%
México	63,66%	0%	63,66%
Ecuador	22,5%	20,36%	22,5%
Perú	0%	20,36%	0%
Bolivia	10%	20,36%	10%
Filipinas	57,5%	20,36%	57,5%
Tanzania	67,5%	20,36%	67,5%
China Taipei	6,25%	40,72%	6,25%
Vietnam	25%	40,72%	25%
Brasil	16%	20,36%	16%
Venezuela	40%	20,36%	40%

Fuente: ITC Trade Map

La panela Colombiana presenta oportunidades de expansión en el mercado internacional mediante el aprovechamiento de las preferencias arancelarias y la capacidad de producción de ANC dentro del territorio Nacional.

Es importante aclarar que es necesario ajustarse a las normatividades nacionales e internacionales para dar cumplimiento a estándares de calidad, de tal manera que sea posible ofertar la panela (ANC) como un producto de alto valor nutricional, limpio y de calidad.

2.5. Análisis comparativo de la panela y el azúcar

La legislación Colombiana estipula reglamentación para el empaque y etiquetado de alimentos. Se puede conocer dichos procedimientos en normas como la NTC 512-1, documento que se tomará como línea base para la contextualización. Se tienen en cuenta las definiciones y normatividad allí estipuladas y además se busca generar armonía con la demás legislación así como vincularse a la propuesta del Codex Alimentarium para la Panela propuesta por Colombia.

El nombre que le asigna la FAO, para efectos de su información estadística es “Azúcar no Centrifugada”. La panela se obtiene de la caña de azúcar (*saccharum officinarum*) que es una

gramínea tropical, emparentada con el sorgo y el maíz, cuyo tallo se forma y acumula un jugo rico en sacarosa. La panela presenta mayor pureza que el azúcar corriente porque es el resultado exclusivo de la evaporación de los jugos de la caña y de la siguiente cristalización de la sacarosa, sin que se someta a procesos de refinado, centrifugado o a otro proceso químico, por esta razón, la panela es un producto natural que mantiene casi la totalidad de los nutrientes de la caña de azúcar (Min Agricultura, 2005). La tabla 6 muestra un análisis comparativo entre el azúcar y la panela desde la perspectiva de sus componentes.

La panela actualmente se proyecta como un producto promisorio de exportaciones en el mercado mundial de productos orgánicos, por ser un producto de origen natural. A nivel mundial se evidencia una creciente investigación en productos con alto valor agregado como ingrediente activo o como insumo, tal es el caso de barras energéticas, bebidas, dulces entre otros, así como estudios de productos diferenciados con propiedades organolépticas acentuadas y mejoramiento en la calidad y presentación del producto.

Tabla 6 Análisis comparativo del azúcar y la panela para 1000 gramos (Instituto Anboisse Francia)

	Azúcar Refinado	Panela
Sacarosa	99,0	72 a 78
Fructosa		1,3 a 7
Glucosa		1,5 a 7
Potasio	0,5 a 1,0	10 a 13
Calcio	0,5 a 5,0	40 a 100
Magnesio		0,2 a 0,5
Zinc		0,2 a 0,4
Fluor		5,3 a 6,0
Cobre		0,1 a 0,9
Provitamina A		2
Vitamina A		3,8
Vitamina B1		0,01
Vitamina B2		0,06
Vitamina B5		0,01
Vitamina B6		0,01
Vitamina C		7
Vitamina D2		6,5
Vitamina E		111,2
Vitamina PP		7
Proteínas		280mg

Calorías	384	312
----------	-----	-----

Fuente: Instituto Anbosse de Francia,

La panela tiene oportunidad de crecimiento como sustituto en la producción industrial de alimentos y/o como materia prima para confitería, panadería, repostería y gastronomía de alto nivel, puede ser presentada como un producto con características beneficiosas para la salud en comparación con el azúcar refinado y el jarabe de maíz; siempre y cuando sea fácil de moldear, homogeneizar, usar y/o adaptar a las respectivas recetas

La panela como edulcorante básico (para hacer agua de panela) no tiene perspectiva de crecimiento debido a que es un bien inferior, su consumo se reduce a medida que aumenta el poder adquisitivo del consumidor.

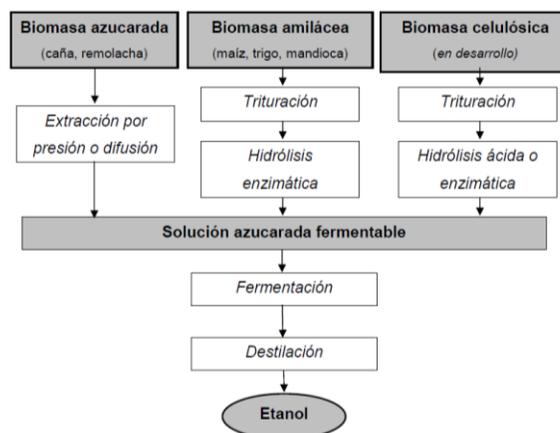
2.6. Utilización de los sub productos de la panela

La producción de panela a base de caña de azúcar genera una serie de subproductos como la cachaza, melote y bagazo. Como es objetivo de este trabajo nos centraremos en la utilización del bagazo, el cual se obtiene de la extracción del jugo de la caña, este representa el 25% del total de la producción y contiene un 50% de los azúcares de la caña (Basados en la información brindada por los productores de panela del municipio de Nocaima). A continuación mencionaremos algunos de los usos de este subproducto.

2.6.1. Producción de bioetanol a base de bagazo de caña

La producción de bioetanol se puede llevar a cabo por medio de la siguiente técnica, utilizando materias primas dulces, directamente fermentables como lo es la caña de azúcar y la remolacha (ver figura 5 Vías para la producción de etanol), para nuestro caso se trabaja con las biomásas presentes en el bagazo para obtener bioetanol.

Figura 5. Vías para la producción de etanol



Fuente: Bioetanol de Caña de Azúcar, Una energía para el desarrollo sostenible. CGEE, FAO Y CEPAL

A continuación se enuncia la composición química del bagazo de la caña en donde se demuestra que por cada tonelada de caña de azúcar verde o cruda el 25% está compuesto de cogollos y hojas, por lo que de cada tonelada 750 kilogramos son los aprovechables (ver figura 6).

Figura 6. Composición química del bagazo de caña

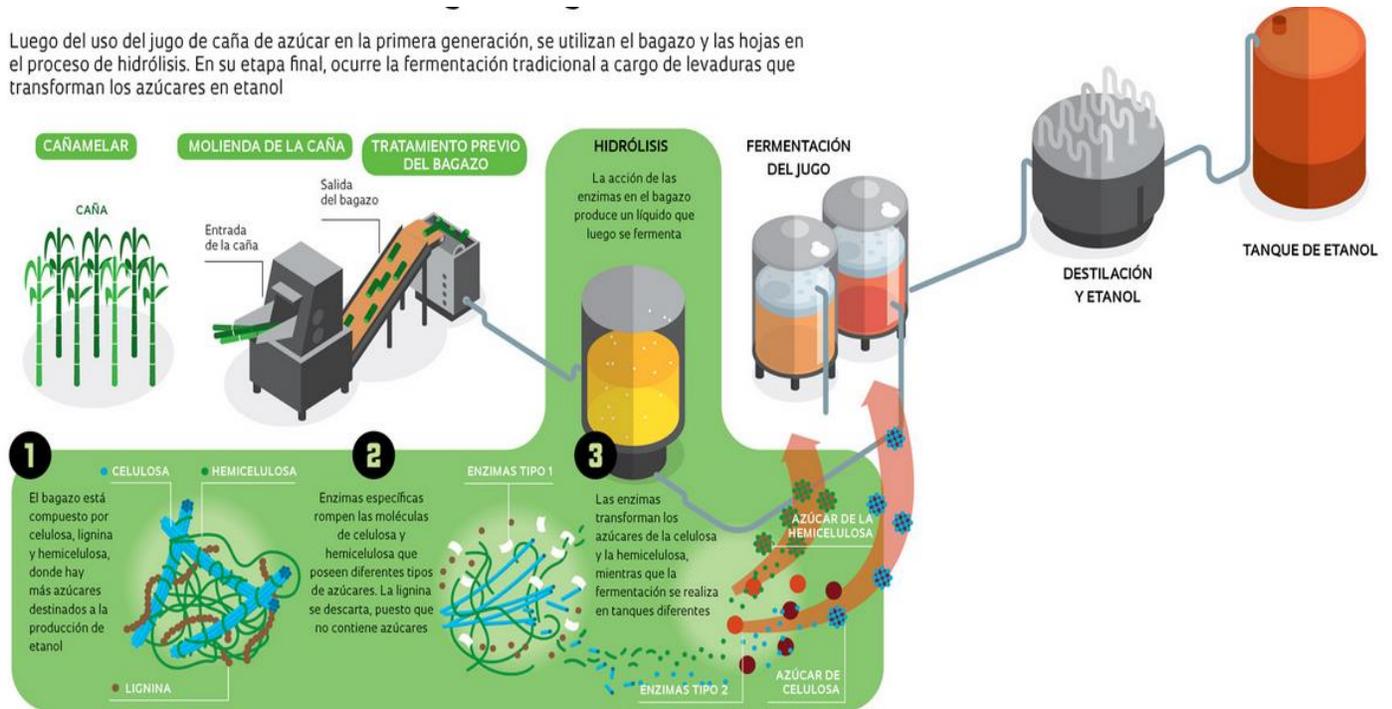
Composición química del bagazo de caña	
Análisis	Bagazo entero seco %
Celulosa	51.23
Hemicelulosa	24.11
Lignina	20.67
Cenizas y otros compuestos	3.99
Suma:	100.00

Fuente Bioenergéticos 2011

El bagazo es uno de los desechos más grandes generados de la producción de la panela, generalmente es utilizado en las molindas como combustible para generar una limitada fuente de energía y una disposición final de los desechos. Este material es rico en fibra que mediante la hidrólisis permite convertir las celulosas y hemicelulosas en azúcares fermentables. Se realiza un tratamiento de presurización y despresurización amoniacal (PDA) que tarda alrededor de 2 a 5 minutos a temperaturas bajas, este método de tratamiento es denominado PDA, a partir de esta técnica, se comienza a producir bioetanol.

Para el desarrollo de este proceso el equipo utilizado cuenta con un reactor de acero inoxidable, con una resistencia de calentamiento acompañado de dos tanques de de amoniaco y nitrógeno, un compresor, una cámara de extracción, conexiones de agua, nitrógeno y un panel de control para seguimiento de la actividad (ver figura 7).

Figura 7. Proceso de Producción de Bioetanol a Base de Caña

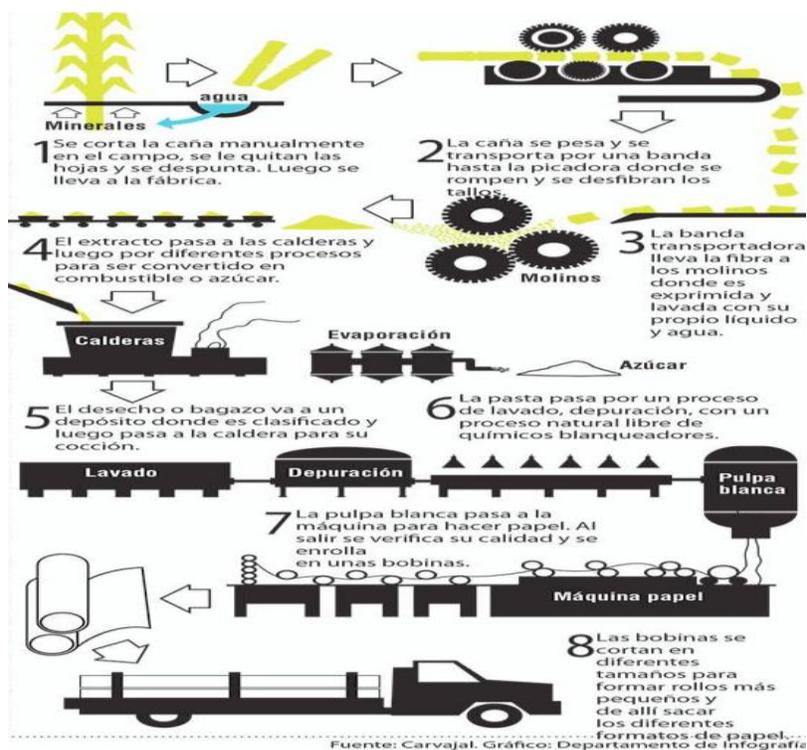


Fuente: Revista Pesquisa, El Futuro del Etanol Olivera Marcos 2012

2.6.2. Producción de papel a base de bagazo de caña

El papel es una estructura obtenida a base de fibras vegetales de celulosa, el bagazo de caña de azúcar es una gran fuente de celulosa, por tal motivo, recientemente se ha empleado este residuo del procesamiento de la caña para la fabricación de papel. El proceso de transformación del bagazo en papel inicia con la desmedulado en este proceso se separa la fracción rica en fibra de la médula que no es apta para la fabricación del papel, la separación fibra y la médula se realiza mediante un proceso mecánico en equipos desmeduladores que consiste en una serie de martillos que golpean el bagazo. Acto seguido la fibra es sometida a un proceso de cocción con soda caustica y vapor a altas temperaturas y alta presión, con el fin de deshacerse de una parte de la lignina (Sustancia que aparece en los tejos leñosos de los vegetales y que mantiene unida las fibras de celulosa que la compone.) de la planta, para ello son utilizados los digestores continuos (sistema de cocción eficientes), como resultado del proceso anterior el producto es enviado al proceso de lavado en calderas donde se retira la lignina residual por la reacción de químicos y el lavado por filtración, finalmente la pulpa ya está lista para realizar el proceso de producción de papel. El proceso es mostrado en la siguiente figura.

Figura 8. Proceso de producción del papel



Fuente: Carvajal Grafico Departamento de Infografía, Periódico El Colombiano, “Proceso del Papel de Bagazo de Caña” Junio 2012

2.7. Investigaciones realizadas sobre la utilización de los subproductos

A lo largo de los años se ha desarrollado estudios para la reutilización de los residuos de la producción de caña de azúcar para la fabricación de papel y biocombustibles. Dentro de la información indagada se encontró un estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia durante el 2011, en el que se busca desarrollar mejores prácticas en el proceso de transformación del bagazo en biocombustible mediante hidrolización del residuo. La producción de etanol en Colombia se lleva a cabo principalmente en los departamentos de Cauca, Valle, Risaralda y Caldas, en donde los ingenios azucareros ponen plantas de procesamiento de bagazo de caña para la producción de etanol, estas plantas están conectadas mediante bandas transportadoras que transfieren los residuos de bagazo.

Para la producción de papel a base de bagazo de caña de azúcar se tomó como referencia un artículo científico desarrollado por la universidad autónoma de occidente en donde se realiza el balance de masas donde se determina que la fibra de caña de azúcar es un residuo agroindustrial, por este motivo su uso en la fabricación de papel es considerada como actividad responsable con el medio ambiente y ayuda a optimizar el uso de energía.

En los trabajos enunciados anteriormente se muestran las ventajas de la utilización del bagazo de la panela para la fabricación de subproductos como el etanol y el papel. Como resultado de la utilización del bagazo es posible reducir el consumo energético, generar nuevas fuentes de trabajo, apertura del mercado para el sector agrícola y un manejo de buenas prácticas ambientales con la reutilización de residuos.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En este capítulo se hace referencia a cómo se realizó el proceso de investigación y recolección de datos primarios y secundarios para dar respuesta a la pregunta problema de la investigación, teniendo en cuenta documentos realizados anteriormente sobre esta misma temática y la encuesta realizada en el sector de Nocaima Cundinamarca. Información que será la base para identificar la mejor alternativa para cerrar el ciclo productivo de la producción panelera.

3.1. Revisión de literatura

La revisión de literatura parte de la consulta de bases de datos de universidades nacionales e internacionales acerca de las investigaciones y proyectos relacionadas con el tratamiento de residuos producto del procesamiento de la caña de azúcar. Así mismo se consultó las bases de datos del ministerio de agricultura y las asociaciones relacionadas a la acción productiva como Fedepanela, Corpoica y Asopanela.

La investigación inició con la visita a Fedepanela, en donde se recopiló información acerca del proceso de producción de panela y los potenciales usos de los subproductos. A partir de ese punto se indago en las bases de datos de la Universidad del Rosario, Universidad de los Andes y Universidad Nacional estudios relacionados con el objetivo planteado. La información bibliográfica fue complementada por estudios y documentos del Ministerio de Agricultura y las asociaciones Fedepanela y Corpoica.

Como resultado de la revisión bibliográfica se obtuvo la información necesaria para dar respuesta a la pregunta problema y tener las herramientas necesarias para seleccionar el proceso más eficiente para el cierre del ciclo productivo de la panela.

3.2. Selección de área de estudio

Para el desarrollo de este trabajo se tomó como área de estudio los trapiches ubicados en el sector de Nocaima Cundinamarca. La información fue suministrada por un grupo de 10 trapiches de la zona, dentro de esta área de estudio se cuenta con alrededor de 300 trapiches pero solo 15 están certificados. Se evaluaron los 10 trapiches con el fin de determinar características claves del proceso como son: la producción mensual promedio, características del trapiche y la

producción de bagazo para determinar si genera una cantidad suficiente para la fabricación de subproductos como el papel y el etanol.

3.3. Recolección de información y datos

En este numeral se evalúan los proyectos ya existentes de transformación del bagazo en etanol y papel, así como la posibilidad de implementar estos sistemas productivos en la zona de Nocaima Cundinamarca. Además, se determinaron variables claves en los trapiches estudiados con el fin de determinar el potencial de la fabricación de subproductos.

3.3.1. Recolección de datos secundarios

Como resultado de la investigación en los diferentes documentos se encontró que los procesos de transformación del bagazo de caña están basados en procesos de secado con nitrógeno. Los procesos de transformación de este residuo son desarrollados en los grandes ingenios azucareros de la región del Valle del Cauca esto debido a que poseen plantas de transformación conectadas y cuentan con la infraestructura necesaria para la transformación, se debe tener en cuenta que los grandes ingenios se ubican en zonas de llanura haciendo mas sencillo la ubicación de planta y el transporte dentro de los cultivos, (a diferencia de las zonas paneleras con características montañosas), también es importante puntualizar sobre la capacidad y disponibilidad técnica económica que tienen los ingenios azucareros para usar el gas natural como combustible del proceso productivo. Sobre el análisis de la estructura química del bagazo se determinó que es un excelente material para la fabricación de papel y etanol.

3.3.2. Recolección de datos primarios

La recolección de datos primarios se realizó mediante una visita de campo a diferentes trapiches ubicados en la zona de Nocaima Cundinamarca, donde se recolectó la información correspondiente a costos de producción de la panela, precio de venta, métodos de empaque, disposición de los residuos. Para esta visita se realizó el siguiente cuestionario que se dividió en tres factores claves de análisis y preguntas abiertas en cada caso.

Factores económicos

1. ¿Cuál es el costo de producción de una tonelada de panela?
 - 1.1. Costos de recolección de caña
 - 1.2. Costos de traslado de caña a los centros de producción
 - 1.3. Costos de cargue y descargue de la caña
 - 1.4. Costos directos de fabricación
2. Precio de venta de la panela
 - 2.1. ¿Cuál es el costo de recolección de producto terminado por parte de tercero?
 - 2.2. Costos de transporte de producto terminado
 - 2.3. Precio de venta de producto terminado

Factores de producción

3. ¿Cuántas toneladas de panela son procesadas mensualmente?
4. ¿Por cada tonelada de caña procesada qué porcentaje es bagazo?
5. ¿Cuál es la fuente de energía utilizadas para la producción de panela?
6. Por cada tonelada de caña procesada, ¿que cantidad se convierte en producto terminado?
7. ¿Que otros subproductos se generan en el proceso?

Factores ambientales

8. ¿Cuál es la disposición final de los residuos de bagazo y de los demás subproductos?
9. ¿Cuál es el impacto ambiental del proceso de producción?
10. ¿Considera viable el uso del bagazo para fabricación de subproductos con el etanol y el papel?

Los datos recolectados en el estudio de campo, fueron evaluados bajo los criterios de costos asociados a los procesos, la eficiencia energética e impacto ambiental, de las actividades desarrolladas, esto con el fin de realizar un paralelo entre los tres posibles cierres del proceso productivo y tener una herramienta de decisión al momento de elegir el cierre adecuado del ciclo productivo.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados obtenidos producto de la investigación realizada en el sector panelero colombiano, se realiza un diagnóstico del área de estudio en el que se enuncia la información correspondiente a producción mensual en toneladas, costos de producción y manejo de los residuos generados del proceso.

4.1. Diagnóstico del área de estudio

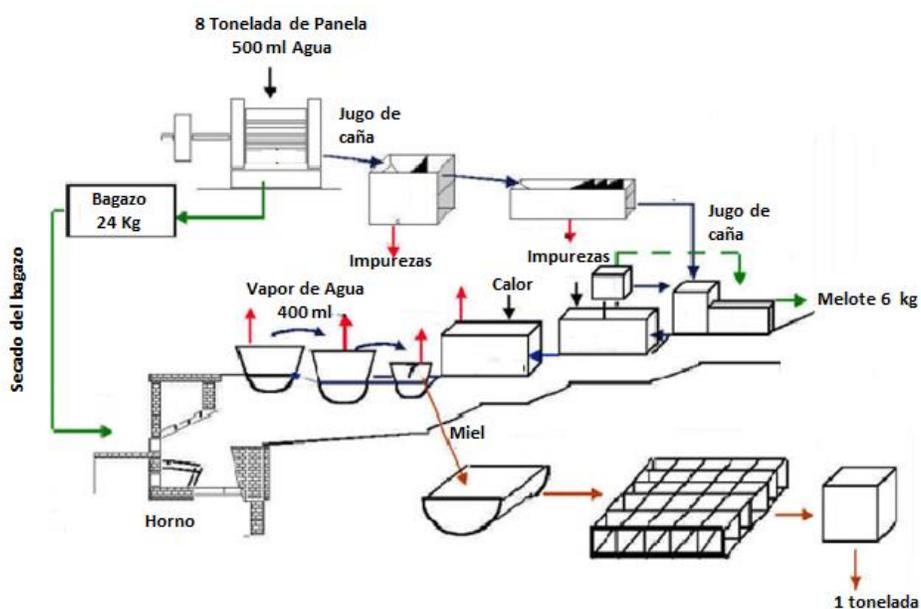
El sector de Nocaima como productor de panela se caracteriza por contar con aproximadamente 300 trapiches reconocidos por la federación de paneleros del municipio, de los cuales solo 15 funcionan con la normatividad consignadas en resolución 4121 del 2011- Ministerio de la Protección Social, donde se establecen las características del área de producción y las condiciones fitosanitarias en las que se debe realizar dicho proceso, por ello, la investigación está enfocada en 10 de estos 15 trapiches, (En el anexo 2 del documento se muestran como están constituidas las enramadas, áreas de producción y almacenamiento). A continuación se enuncian las modalidades de producción donde las moliendas operan en dos maneras específicas de producción: semanal o quincenal, esto varía dependiendo de la forma de negociación con los intermediarios y los compradores del producto final.

4.1.1. Proceso de producción

El proceso de la molienda inicia (ver figura 9) con el corte de la caña, posteriormente se traslada la caña a la molienda y es procesada por el molino para la extracción de los jugos necesarios para la fabricación de la caña, estos jugos pasan a un proceso de cocción y posterior moldeado de panela, del proceso se deriva la melaza que sirve como alimento para los animales y por otro lado se genera bagazo el cual se presenta de la siguiente manera: por cada tonelada de caña procesada se generan aproximadamente 300 kilogramos de bagazo, así mismo durante el proceso

de producción de la panela se pierden alrededor de 400 litros de agua, esto debido a que la caña de azúcar posee gran cantidad de agua y al ser procesada en las calderas se evapora y se pierde en el ambiente. El bagazo es usado por los productores de panela para poner en marcha la hornilla, caldera o concina de cocción, los principales combustibles son maderos y el bagazo generado después de la extracción del jugo de la caña, el bagazo debe ser secando aproximadamente por 8 días para poder ser utilizado en la molienda, por otro, lado la melaza generada es cocinada y posteriormente suministrada a los animales como alimento.

Figura 9. Diagrama de proceso de producción de la Panela



Fuente: Pagina Web. Tecnologías Limpias.org

En algunos casos, en la producción de panela se usan combustibles altamente perjudiciales para el ambiente interno y externo de los trapiches, combustibles como llantas usadas o plástico.

4.1.2 Rentabilidad de los trapiches

Las condiciones necesarias para que el trapiche sea un negocio rentable son la siguientes: es necesario moler entre 5 y 10 toneladas de caña semanales 7,5 en promedio para un promedio de entre 30 y 40 toneladas mensuales, en donde los costos de producción de 1 kilogramo de panela

están alrededor de 1.100 pesos contemplando aquí los costos de corte de la caña, cargue o traslado del cultivo a la molienda y la elaboración de la panela, así mismo el precio de venta de 1 kilogramo de panela oscila entre 1300 y 1500 pesos dependiendo la modalidad de venta (ver tabla 7).

Tabla 7 Costos de producción

COSTOS DE PRODUCCION DE 1 TONELADA DE PANELA			
Discriminación de costo	Jornales	valor	%
Corte de caña	14	\$ 490,000	44.95%
Cargue y Descargue	8	\$ 240,000	22.02%
Producción	12	\$ 360,000	33.03%
TOTAL		\$ 1,090,000	100%

Valor del jornal \$ 35.000 pesos.

Fuente: Los Autores

4.1.2. Estudio de tiempos y movimientos

En este apartado se presenta el estudio de tiempos y movimientos del proceso de producción de la panela, teniendo en cuenta las observaciones realizadas en el estudio de campo. En la tabla 8 se muestran los procesos que definen el ciclo productivo de la panela y la duración de los mismos. La molienda inicia alrededor de la 1 de la mañana y tiene una duración total de 8 horas de producción para procesar unas 10 toneladas de caña de azúcar. Las actividades que se pudieron identificar durante el proceso fueron corte de la caña, cargue y descargue de material, molienda de caña, mezclado del jugo de la caña, extracción de impurezas y moldeado de la panela para obtener el producto terminado.

Tabla 8 Tiempos y movimientos en la producción de panela

Actividad	Tiempo Promedio en Horas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Corte de la caña								
Cague y Descargue								
Molida de caña								
Mezclado del jugo de la caña								

Extracción de impurezas							
Moldeado de la panela							

Fuente: los autores

El proceso de corte, cargue y descargue es realizado por cuatro personas, los procesos de molienda, mezclado del jugo de caña y extracción de impurezas son desarrollados por un solo operario y finalmente la actividad de moldeado es desarrollada por 2 personas, para un total de 8 personas trabajando en todo el proceso.

4.2. Análisis de información

Teniendo en cuenta la información primaria y secundaria definida en este estudio se pretende determinar las características del proceso panelero especialmente lo relacionado con los subproductos como el bagazo, con el fin de determinar sus posibles usos como materia prima para la elaboración de papel y extracción de etanol como una optimización energética, a continuación se presentaran los resultados obtenidos producto de la investigación:

- Para el proceso de transformación es necesario contar con maquinaria como hornos de secado y de tratamiento con nitrógeno, costo aproximado de la inversión 200 millones de pesos.
- Existen tres combustibles que pueden ser utilizados para desarrollar los procesos de producción de la panela, el bagazo, la madera, el carbón y gas doméstico. El bagazo es el principal combustible utilizado en las moliendas de caña junto con la madera. Se evaluó la posibilidad de utilizar el carbón para la producción pero los costos de transporte son muy altos, por último se encontró que el gas doméstico es una excelente alternativa de combustible para las moliendas es menos costoso de que la gasolina o el carbón.
- No es posible la utilización del bagazo para realizar procesos de generación de nuevo subproductos esto debido a que es el principal combustible para el desarrollo de la actividad. Esto solo sería posible si se distribuye gas doméstico en las moliendas.
- Del procesamiento de la caña se genera pérdida excesiva de agua debido a la evaporación de líquidos en el proceso, de 500 mililitros introducidos al inicio del proceso 400 mililitros son evaporados, líquido que se podría utilizar para el lavado de los equipos después del proceso

de producción, por otro lado para general el aprovechamiento del agua se plantea la implementación de extractores de enfriamiento.

4.3 Análisis del potencial cierre de la cadena

Teniendo en cuenta la información recolectada de la visita realizada a las molindas del municipio de Nocaima Cundinamarca se encontró que la utilización del bagazo para la producción de nuevos producto como el etanol y el papel, no es viable debido a que este material es utilizado como combustible para la producción de panela, dentro de la investigación se encontró que en el proceso se genera gran pérdida de energía y agua por la evaporación de líquidos en el proceso de cocción del jugo de la caña. Se planteó la posibilidad de implementar un sistema de producción cerrada en la que mediante conductos y tubos de enfriamiento se puede aprovechar el vapor generado para generar agua que se pueda utilizar en el proceso nuevamente, a continuación se presentara un análisis de las 3 posibilidades de cerrar el ciclo productivo.

4.3.1 Fabricación de papel

- **Evaluación de costos**

Para la fabricación es necesario contar con una planta de procesamiento de celulosa y una planta procesadora de papel, la implementación de esta infraestructura asciende a un costo total de 207.930.000 millones de dólares, adicional a esta inversión en infraestructura física de la nueva planta, es necesario los insumos necesarios para la fabricación del papel son principalmente agua, bagazo, soda caustica, químicos para blanqueado y energía (ver tabla 9)

Tabla 9 Insumos para la fabricación de 1 Ton de papel

Materias primas	Q	Unidades
Agua	33	m ³
Bagazo	6	Ton
Energía	600	Kwh

Soda Cáustica	0,5	Ton
Químicos para blanqueado	0,5	Ton

Fuente: Los autores

A continuación evaluaremos los costos por insumo para la fabricación de una tonelada de papel (ver tabla 10), lo que nos da como balance de costos totales de operación mensual \$ 413.400 sin tener en cuenta los costos de mano de obra y transporte requerido para realizar el proceso.

Tabla 10 Relación de costos de producción

Materias primas	Costo x Insumo	Q	Costo Total
Agua	2.800 x m3	33 m3	\$ 92,400
Bagazo	-	6 Ton	\$ -
Energía	446 x Kwh	600 Kwh	\$ 267,600
Soda Caustica	18.400 x 0,5 Ton	0,5 Ton	\$ 18,400
Quimicos para blanqueado	35.000x 0,5 Ton	0,5 Ton	\$ 35,000
			\$ 413,400

Fuente: Los autores

- **Evaluación de impacto ambiental**

El impacto ambiental en el proceso de fabricación de papel a base de bagazo de caña está determinado por el proceso de blanqueado para la elaboración de la pulpa esto debido a que en el proceso se utilizan cloro, peróxido de cloro, soda caustica entre otros materiales, generando así residuos altamente toxicas en los vertimientos de aguas residuales. Por otro lado esta infraestructura demanda un gran consumo energético y la emisión de contaminantes a la atmosfera.

4.3.2 Fabricación de etanol:

- **Evaluación de costos**

El bagazo es un importante residuo que representa el 30% del total de la caña procesada, este material posee material lignoceluloso que ayuda a la producción de etanol, la implementación de esta infraestructura asciende a un costo total de \$47.290.00 millones de dólares, adicional a la inversión en infraestructura se incurren en gastos de agua y energía para la obtención del producto tabla 11.

Tabla 11 Insumos para la fabricación de un galón de bioetanol

Materias primas	Q	Unidades
Agua	12	m ³
Bagazo	1,6	Ton
Energía	250	Kwh

Fuente: Los autores

A continuación evaluaremos los costos por insumo para la fabricación de una tonelada de papel (ver tabla 12), lo que nos da como balance de costos totales de operación mensual \$ 145.100 sin tener en cuenta los costos de mano de obra y transporte requerido para realizar el proceso.

Tabla 12 Costos de producción

Materias primas	Costo x Insumo	Q	Costo Total
Agua	2.800 x m3	12 m3	\$ 33,600
Bagazo	-	1,6 Ton	\$ -
Energía	446 x Kwh	250 Kwh	\$ 111,500
			\$ 145,100

Fuente: Los autores

- **Evaluación de impacto ambiental:**

El impacto ambiental en el proceso de fabricación de etanol a base de bagazo de caña está determinado por el consumo energético en el proceso de hidrólisis. Adicional a esto el proceso tiene un impacto ambiental positivo puesto que el consumo de este tipo de combustible genera menos emisiones contaminantes al ambiente.

4.3.3 Bagazo como combustible

- **Evaluación de costos**

El residuo fibroso de bagazo, es el principal combustible empleado para generar el vapor necesario en las operaciones de producción. La calidad del bagazo está determinada por la humedad del bagazo (ver tabla 13), entre menos humedad mayor será la energía generada.

Tabla 13 Calidad de energía dependiendo de la humedad de la caña

Referencia	Muestra (g)	Alambre Inicial (g)	Alambre Final (g)	T Inicial (°C)	T Final (°C)	Humedad Promedio (%)	PCS (J/g)	PCS Promedio (J/g)
Cenicaña humedecida	0.5007	0.0350	0.0219	22.33	22.69	54.5	8591.9188	8477.3929
Cenicaña humedecida	0.5005	0.0354	0.0232	22.58	22.93		8362.8671	
Cenicaña	0.5000	0.0326	0.0210	24.28	24.71	47.2	10324.3545	10484.2259
Cenicaña	0.5009	0.0320	0.0078	24.80	25.25		10644.0972	
Cenicaña	0.5020	0.0317	0.0036	23.29	23.77	40.4	11302.1412	11152.7062
Cenicaña	0.5013	0.0325	0.0190	23.80	24.26		11003.2712	
Cenicaña	0.5001	0.0326	0.0040	21.97	22.52	28.7	13041.7165	12934.0553
Cenicaña	0.5002	0.0326	0.0066	22.59	23.13		12826.3940	
Cenicaña	0.5002	0.0329	0.0200	24.33	24.87	22.5	12979.8122	13106.0791
Cenicaña	0.5002	0.0322	0.0201	24.77	25.32		13232.3459	
Cenicaña	0.5002	0.0317	0.0047	23.95	24.61	4.27	15732.6579	15688.1706
Cenicaña	0.5004	0.0304	0.0171	24.47	25.12		15643.6833	
Cenicaña	0.5010	0.0319	0.0082	22.32	23.02	2.00	16717.2267	16709.2781
Cenicaña	0.5006	0.0332	0.0070	23.02	23.72		16701.3296	
Cenicaña	0.5007	0.0310	0.0140	22.23	22.96	1.61	17534.3958	17443.9389
Cenicaña	0.5007	0.0331	0.0214	23.06	23.78		17353.4820	
Cenicaña seca	0.5001	0.0317	0.0114	23.91	24.66		18003.2042	18096.6981
Cenicaña seca	0.5001	0.0312	0.0061	24.70	25.46		18190.1919	

Fuente: Bioenergeticos 2012

Como resultado de la investigación realizada en las molindas de la región se determinó que es más económico para el proceso utilizar el bagazo residuo producto del procesamiento, se evaluó la posibilidad de utilizar otro tipo de combustible como el carbón donde el costo de este insumo es de 150.000 + los costos de transporte (mil pesos) por tonelada, factor que incrementaría en un 13 % los costos totales de producción. El bagazo es un producto derivado de los procesos y por tal motivo no tiene costo alguno, en el caso en que este residuo fuera vendido para realizar nuevos procesos el valor recibido no cubriría el valor de utilización de un nuevo combustible (valor de una tonelada de bagazo 25.000 mil pesos).

- **Evaluación de impacto ambiental**

En el proceso de utilización del bagazo como combustible el impacto ambiental es positivo, este material se obtiene como resultado del procesamiento de la caña de azúcar, es un material combustible natural y biodegradable que no genera emisiones significativamente contaminantes al ambiente ni al proceso de la producción de la panela, de esta manera se está cerrando el ciclo productivos reutilizando los residuos derivados del proceso y generando una nuevas fuentes de energía natural.

En la tabla 14 se presenta una comparación entre las tres alternativas del posible cierre del ciclo productivo.

Tabla 14 Cuadro comparativo posibles cierres del ciclo productivo

Fabricación de papel	Fabricación de etanol	Bagazo como combustible
- Consumo energético en el proceso de producción 600 Kwh.	- Consumo energético en el proceso de producción 250 Kwh.	- Consumo energético en el proceso de producción 0Kwh.
- Consumo de agua en el proceso de producción 33 m ³ .	- Consumo de agua en el proceso de producción 10 m ³ .	- Consumo de agua en el proceso de producción 5 m ³ .
- Consumo de otros materiales adicionales de producción 1 Ton.	- Consumo de otros materiales adicionales de producción 0 Ton.	- Consumo de otros materiales adicionales de producción 0 Ton.
- Impacto ambiental negativo, hay gran consumo energético y un aumento de emisiones de	- Impacto ambiental negativo se genera un consumo energético alto.	- Impacto ambiental positivo, se genera una disminución en el consumo energético para

<p>gases tóxicos a la atmosfera.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de inversión en nueva infraestructura que asciende a 207.930.000 millones de dólares. - Nuevos costos de producción \$ 413.400 pesos por tonelada procesada. 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de inversión en nueva infraestructura que asciende a \$47.290.00 millones de dólares. - Nuevos costos de producción \$ 145.100 pesos por galón procesado. 	<p>desarrollar el proceso productivo y se genera el cierre del ciclo productivo con la reutilización de los residuos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No se generan costos adicionales correspondientes a nueva infraestructura, pero si se genera disminución de costos por utilización de bagazo como combustible.
---	---	--

Como se puede observar en el cuadro comparativo anterior, el impacto ambiental que se genera de realizar nuevos procesos de producción (etanol y papel) con los residuos de bagazo es mucho mayor al generado por utilizar este insumo como combustible dentro del mismo proceso.

Por otro lado los costos los en los que tendrían que incurrir los campesinos en las moliendas por nueva infraestructura supera los 90 millones de pesos y genera nuevos costos de producción que se encuentran en un promedio de \$ 279.250 pesos por tonelada o galón procesado, por el contrario al utilizar el bagazo como combustible se genera una disminución en costos de adquisición de nuevos productos para poner en funcionamiento la planta de producción de panela, en el caso de ser utilizados nuevos insumos estos costos se incrementarían en un 13% sobre los costos de producción totales.

5. CONCLUSIONES

Los procesos de reutilización y eficiencia de los recursos se están llevando a cabo en gran parte de las industrias a nivel mundial. La reutilización de los recursos disminuye el impacto ambiental que los procesos productivos, como es el objetivo de esta investigación identificar cual es la mejor forma del cierre productivo de la fabricación de panela, se determina que los costos a los que tendría que incurrir las molineras de la región son muy altos y la cantidad de bagazo producido mensualmente por cada una de las molineras individualmente no es suficiente para cubrir los costos y la necesidad de productividad sobre la capacidad instalada de las plantas, tanto de producción de papel como la de producción de etanol. El bagazo de caña, al ser un material biodegradable contribuye con la mitigación del impacto ambiental al ser utilizado como combustible natural en el proceso de producción, de igual manera contribuye a la disminución de los costos totales de producción pues este insumo no tiene ningún costo y de ser utilizado otro combustible se incrementarían en un 13% el total de los costos de producción.

Sin dejar de lado que la producción de papel y etanol es una contribución importante al impacto ambiental y el manejo de los desechos, este objetivo solo se logrará si los centros productivos trabajan en conjunto y utilizan el bagazo generado entre todos para la fabricación de alguno de estos materiales y son apoyados por la agremiación de paneleros de la región con los fondos necesarios para la infraestructura de la nueva planta.

Estos procesos de desarrollo industrial pueden conllevar el uso gas natural como combustible en las calderas de producción dejando libre el bagazo que podrá ser usado como materia prima de papel o etanol y reduciendo de igual forma los impactos ambientales que tiene la quema de llantas durante el uso de las calderas.

Entonces, se puede concluir que no es viable la utilización del bagazo de la caña para la fabricación de papel o etanol, es más viable y eficiente la utilización de este recurso como fuente de energía para la producción mensual de la panela, en donde se disminuye el consumo de energía eléctrica.

En la investigación de campo se evidenció la problemática sectorial en cuanto a asociación y agremiación, que dificulta los procesos de industrialización y la implementación de economías de escala que permitan aumentar la productividad y los volúmenes de venta. La panela es un producto que se ve afectado por la estacionalidad de otros productos agrícolas (como el café) ya que compiten directamente por los terrenos para cultivo y la mano de obra necesaria para su cosecha, esto hace que su precio sea altamente sensible no solamente asociado a los productos sustitutos sino también con productos agrícolas de otras categorías.

REFERENCIAS

1. Corpoica, Tabares Cuartas, M. C., & Jaramillo Hurtado, L. F. (Febrero de 1999). *Uso de Subproductos de la Caña Panelera en la Mesesta de Popayan - Cauca*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de:
http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Uso%20de%20subproductos%20de%20la%20%20ca%C3%B1a%20panelera.pdf
2. Federación Nacional de Productores de Panela; Sociedad de Agricultores de Colombia; Servicio Nacional de Aprendizaje. (s.f.). *APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS DE LA CAÑA PANELERA EN ALIMENTACIÓN ANIMAL*. Recuperado el 16 de 100 de: 2013: <http://www.fedepanela.org.co/publicaciones/cartillas/Subproductos.pdf>
3. Garrido Carralero, N., & Diaz Torres, F. (2011). *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA)*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de:
<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar31/HTML/Articulo02N.htm>
4. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. (10 de 2013). *CADENA PANELA*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de minagricultura.gov.co, de:
http://sioc.minagricultura.gov.co/templates/sioc_cadenas/docs/3339_16.pdf
5. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural; Corpoica . (febrero de 2007). *orpomail.corpoica.org.co*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de Guia tecnologica para el manejo integral del sistema productivo de caña de panela, de:
<http://corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/46668/Guatecnolgicaparael%20manejo.pdf>
6. Organizacion de las naciones unidas para la alimentacion y la agricultura FAO. (s.f.). <http://www.fao.org/home/es/>. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de Buenas prácticas de manufactura (BPM) de la panela como industria de alimentos, de:
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1525s/a1525s06.pdf>
7. Panela Monitor. (s.f.). *ESTUDIO DEL MERCADO DE LA PANELA EN COLOMBIA Y EL MUNDO*. Recuperado el 14 de 11 de 2013, de panelamonitor.org, de:
<http://www.panelamonitor.org/media/docrepro/document/files/estudio-del-mercado-de-la-panela-en-colombia-y-el-mundo.pdf>

8. PÉREZ, Á. (15 de Julio de 2013). *Periodico publmetro*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de Biocombustibles dulces, una ayuda para los paneleros, de:
<http://www.publmetro.co/lo-ultimo/biocombustibles-dulces-una-ayuda-para-los-paneleros/lmkmgo!WEscBkzWhjI6Y/>
9. Portafolio.com. (16 de Septiembre de 2012). *Producción de panela busca entrar en la era exportadora*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de *periodico portafolio*, de:
<http://www.portafolio.co/especiales/aniversario/produccion-panela-busca-entrar-la-era-exportadora>
10. Procaña. (s.f.). *Usos y derivados de la caña de Azucar*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de: *Procaña*, Asociacion Colombiana de productores y proveedores de caña de azucar:
<http://www.procana.org/subproducto.php>
11. Villegas, S., Aguila, L. D., Fiestas, M., Arce, M., & Vargas, F. (29 de noviembre de 2010). <http://politica-sostenible-azucarera.blogspot.com/>. Recuperado el 11 de 16 de 2013, de Política Sostenible aplicada en Azucarera de Tumán de: <http://politica-sostenible-azucarera.blogspot.com/2010/11/otros-usos-del-bagazo.html>
12. Xi, T. (s.f.). Blog *E how*. Recuperado el 16 de 11 de 2013, de Alternativas a la espuma de poliestireno hechas de caña de azúcar: de http://www.ehowenespanol.com/alternativas-espuma-poliestireno-hechas-cana-azucar-info_226277/
13. Molina M. Rafael, *Bagazo De Caña De Azúcar Para La Producción De Celulosa Y Paneles Aglomerados: Realidad Y Perspectivas*, Unión de Investigación-Producción de la Celulosa del Bagazo.
14. Orjuela, J.A., Huertas, I., Figueroa, J.C., Kalenatic, D. y Kadena, K. (2011). *Potencial de producción de Bioetanol a partir de Caña Panelera: dinámica entre contaminación, seguridad alimentaria y uso del suelo*. En: *Ingeniería*, Vol. 16, No. 1. 6 - 26.
15. Torres P. Luz M, *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia*. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural.
16. Domínguez C. Oscar, Torres P. Luz Marina (2010) *Sector Panelero en Colombia* Ministerio de agricultura y protección social.
17. Rodriguez, Gonzalo; Garcia, Hugo; Roa D. Zulma; Santacolma, Pilar,(2004) *Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas*

rurales de América Latina, Servicio de Gestión, Comercialización y Finanzas Agrícolas (AGSF).

18. Corpoica (2006), *Estudio Del Mercado De La Panela En Colombia Y El mundo*. FAO, Cálculos Observatorio Agrocadenas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, de: faostat/form?collectioncbdcropsandproducts&demain-cbd&servjer-1&hasbol0&version:em&language-is
19. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, *Agenda prospectiva de Investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de la panela y su agroindustria en Colombia*, de: [http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/azucar-no-centrifugada-\(panela\)-produccion-mundial-y-comercio.pdf](http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/azucar-no-centrifugada-(panela)-produccion-mundial-y-comercio.pdf)