

**Estrategias para el manejo de subproductos derivados de la producción de panela bajo un enfoque de producción más limpia en la vereda Aguacatal municipio Neira Caldas.**

Andrés Mauricio Quintero Trujillo

Cristian Andrés Marín Ospina

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente - ECAPMA

Ingeniería Ambiental

Dosquebradas Risaralda

2020

Estrategias para el manejo de subproductos derivados de la producción de panela bajo un enfoque de producción más limpia en la vereda Aguacatal municipio Neira Caldas.

Andrés Mauricio Quintero Trujillo

Cristian Andrés Marín Ospina

Trabajo presentado para optar el título profesional en Ingeniería Ambiental

Asesor

Carlos Mario Duque Chaves

Ingeniero Ambiental M.Sc.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y de Medio Ambiente ECAPMA

Ingeniería Ambiental

Dosquebradas Risaralda

2020

## **Página de Aceptación**

---

Carlos Mario Duque Chaves

Director Trabajo de Grado

---

Jurado

---

Jurado

## **Dedicatoria**

El presente trabajo es dedicado especialmente al Dios de los cielos, por guiarnos a lo largo de este proceso, siendo nuestro apoyo y fortaleza en medio de nuestras dificultades.

A nuestras esposas e hijos, por ser los principales gestores de nuestros sueños, por las palabras de ánimo, y el esmero por ayudarnos a alcanzar nuestras expectativas.

A nuestros familiares, por sus consejos y oraciones que nos permitieron ver, que a pesar de las distancias esta era una forma de extender su mano en momentos de dificultad. A todos ellos mil y mil gracias, Dios les bendiga.

## **Agradecimientos**

Agradecimiento especial a la UNAD por proporcionar un modelo de educación accesible para los Colombianos, y permitirnos hacer parte de él, a los tutores y compañeros en nuestro proceso de formación por sus aportes en la construcción de conocimiento, a nuestro asesor de trabajo de grado ingeniero Carlos Mario Duque Chaves por la dedicación, paciencia y pertinentes recomendaciones, y a los productores del sector panelero, por brindarnos sus conocimientos y permitir el desarrollo adecuado de nuestras actividades, coadyuvando a la construcción de nuestro trabajo, a todos los que hicieron una realidad este proyecto de nuestras vidas mil y mil gracias, Dios les bendiga.

## Resumen

La propuesta de proyecto aplicado pretende definir acciones para orientar el trabajo de los productores de panela de la zona de influencia de la vereda Aguacatal, sobre el manejo adecuado de los subproductos generados de la producción panelera; permitiendo a través de la Producción Más Limpia y la economía circular, darle un manejo ambiental apropiado a las cenizas y aguas dulces que, por su naturaleza e inadecuada disposición final, se convierten en un contaminante del recurso hídrico y suelo. Se llevará a cabo actividades de caracterización de los subproductos generados en los trapiches y se propondrán alternativas de manejo; dando a conocer por medio de instrumentos de captura de información in-situ, las alternativas para un adecuado manejo que permita mitigar el impacto ambiental y a su vez genere alternativas de sostenimiento para sus cultivos por medio de la reincorporación de estos subproductos.

**Palabras clave:** Panela, residuos, BPA (buenas practicas agricolas), BPM (buenas practicas de manufactura), PML (producción mas limpia).

### **Abstract**

The proposed project proposal aims to define actions to guide the work of panela producers in the area of influence of the Aguacatal village, on the proper management of the by-products generated from paneling production; allowing through the Cleaner Production and the circular economy, to give an appropriate environmental management to the ashes and fresh waters that, due to their nature and inadequate final disposition, become a contaminant of the water and soil resources. Characterization activities of the by-products generated in the mills will be carried out and management alternatives will be proposed; making known through instruments for capturing in-situ information, the alternatives for an adequate management that allow mitigating the environmental impact and at the same time generating support alternatives for their crops through the reincorporation of these by-products.

**Keywords:** Panela, waste, BPA (good agricultural practices), BPM (good hand-invoicing practices), PML (cleaner production).

## Tabla de contenido

Lista de gráficas .....	10
Lista de tablas .....	10
Lista de fotografías .....	11
Introducción .....	12
Planteamiento del problema.....	14
Justificación .....	16
Objetivos.....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos .....	18
Antecedentes.....	19
Marcos de referencia.....	23
Marco conceptual.....	23
Marco geográfico.....	26
Marco legal. ....	29
Marco teórico.....	30
Cultivo.....	30
Cosecha .....	31
Corte alce y transporte de la caña(CAT).....	32

Apronte o almacenamiento de la caña .....	34
Triturado y extracción del jugo (molienda). .....	35
Prelimpieza.....	37
Limpieza.....	38
Evaporación, concentración y punteo. ....	40
Batido y moldeo .....	41
Empaque y embalaje. ....	43
Marco metodológico .....	43
Análisis de resultados .....	46
Caracterización de trapiches .....	46
Evaluación de actividades con enfoque PML.....	60
Escala de valoración evaluación de actividades con enfoque PML. ....	66
Propuesta de alternativas para el manejo de subproductos .....	72
Manejo de aguas dulces como fertirriego .....	72
Manejo de cenizas como enmienda.....	74
Conclusiones.....	77
Recomendaciones .....	78
Bibliografía.....	79
Anexos .....	84

### Lista de gráficas

Gráfica 1. Distribución áreas en caña por departamento .....	20
Gráfica 2. Mapa rendimiento (Ton/Ha) municipios de Caldas.....	21
Gráfica 3. Área sembrada de caña panelera 2019 (Hectáreas) .....	28
Gráfica 4. Mapa zona de estudio .....	46
Gráfica 5. Relación área finca / Área caña .....	49
Gráfica 6. Relación caña / Panela por molienda.....	50
Gráfica 7. Combustibles adicionales al bagazo .....	52
Gráfica 8. Residuos generados.....	53
Gráfica 9. Relación panela / Agua dulce por molienda .....	56
Gráfica 10. Relación panela / Cenizas por molienda.....	57
Gráfica 11. Metodología selección de alternativas de manejo .....	65

### Lista de tablas

Tabla 1. Resumen captura de información .....	47
Tabla 3. Aplicaciones de producción más limpia .....	61
Tabla 4. Escala de valoración .....	66
Tabla 5. Aspectos ambientales para evaluar .....	66
Tabla 6. Aspectos tecnológicos para evaluar.....	67
Tabla 7. Matriz de resultados para selección de tratamientos de aguas mieles. ....	68
Tabla 8. Matriz de resultados para selección de tratamientos de cenizas.....	69

### Lista de fotografías

Foto 1. Cultivo .....	30
Foto 2. Cosecha.....	32
Foto 3. Corte, alce y transporte.....	33
Foto 4. Apronte, trapiche El Paraíso.....	35
Foto 5. Extracción del jugo – molienda, trapiche Alto Bonito.....	36
Foto 6. Prelimpieza.....	37
Foto 7. Limpieza (descachazado) .....	38
Foto 8. Mucilago de balso.....	39
Foto 9. Evaporación, concentración y punteo, trapiche Alto Bonito.....	41
Foto 10. Batido, trapiche San José.....	42
Foto 11. Moldeo de panela, trapiche Alto Bonito.....	42
Foto 12. Disposición actual aguas dulces trapiche El Paraíso.....	54
Foto 13. Cenicero y residuo floculante trapiche El Porvenir.....	55
Foto 14. Cachazas.....	55
Foto 15. Caucho y leña como combustible.....	74
Foto 16. Bagacera trapiche Alto Bonito .....	75
Foto 17. Combustión solo bagazo trapiche Barrizal.....	76

## **Introducción**

Desde décadas atrás, la economía y el entorno natural han tenido una estrecha relación la cual se ha determinado por un aprovechamiento de los recursos naturales, tendientes a suplir las necesidades de las diferentes colectividades, no obstante, dicho aprovechamiento no ha encontrado un equilibrio que evite la degradación de los diferentes ecosistemas, más aún en procesos de transformación de materias primas, los cuales carecen de tecnologías de mitigación de los impactos generados por los subproductos provenientes de su transformación.

Se hace entonces necesario, brindar herramientas para que la contaminación generada en los procesos de transformación de la caña de azúcar en panela, la cual es uno de los productos más representativos de la canasta familiar de los habitantes de la zona medio andina del departamento de Caldas. Dicho enfoque, se basa en la creación de alternativas de mitigación de los impactos ambientales generados en la producción panelera; permitiendo que los subproductos puedan ser reincorporados a procesos de estabilización de los suelos y otros como el riego de los sembríos de caña.

El presente documento permite apreciar el trabajo investigativo llevado a cabo en 5 trapiches paneleros ubicados en la vereda Aguacatal del municipio de Neira Caldas, dicho ejercicio académico pretende generar estrategias basadas en la conservación y cuidado del medio ambiente, a través del diseño de un plan de manejo ambiental de subproductos derivados de la producción de panela mediante estrategias de producción limpia; de tal forma que, la implementación de nuevas tecnologías permitan caracterizar los diferentes subproductos como las aguas mieles y cenizas, los cuales se encuentran incorporados al proceso productivo como subproductos problema, que requieren un manejo adecuado dadas sus características y potencial de contaminación del recurso agua y suelo, debido a su inadecuada disposición final. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto; se desarrollarán tres fases que nos permitirán llevar a cabo

de manera secuencial y ordenada, la recolección de información que nos dará paso a la propuesta de manejo de dichos subproductos problema. Estas fases se establecerán de la siguiente manera:

Fase 1. Caracterización - diagnóstico. Fase 2: Evaluación de actividades bajo enfoque de PML

Fase 3: Definición de alternativas para manejo de subproductos problema.

### **Planteamiento del problema**

En el departamento de Caldas, 25 de los 27 municipios son productores de panela y el 99,9% de los trapiches no cuentan con Planes de Manejo Ambiental para los subproductos que esta actividad productiva genera. De acuerdo con datos suministrados por Fedepanela, (2019), cerca del 90% de los trapiches del departamento no cuentan con sistemas sépticos para el manejo de sus aguas residuales, las cuales se estiman en un caudal de 1,3 litros por kilogramos de panela, el 100% de los trapiches no cuentan con permiso de emisiones, lo cual tiene sustento en su condición de pequeños y medianos con frecuencias de molienda inferiores a las 40 horas semanales, el 98% de los trapiches paneleros no cuentan con agua potable, el 2% restante la obtiene por su ubicación geográfica de los sistemas de acueducto urbanos del departamento los cuales tienen en EMPOCALDAS SA ESP su mayor prestador, 3 trapiches del departamento cuentan con su propia planta potabilizadora de aguas, esto sumado a la alta ineficiencia energética de los hornos paneleros del departamento los cuales en un 100% requieren leña como combustible adicional al bagazo de la caña y en algunos casos de manera clandestina el uso de caucho. En la lista de subproductos generados tenemos, Cachazas, Cenizas, Aguas Dulces y Bagazo. (Fedepanela, 2019)

Tomando como referencia dicho listado tenemos que tanto la cachaza como el bagazo, se encuentran incorporados al proceso productivo como alimento para animales y como combustible para el horno en el proceso de evaporación de los jugos. Esta situación deja dos subproductos problema los cuales requieren un manejo adecuado dadas sus características y potencial de contaminación del recurso agua y suelo debido a su inadecuada disposición final.

Desde una mirada técnica, se puede apreciar que no existe una conciencia ambiental en los productores de la zona de estudio y sumado a esto, no se evidencian estrategias que se encuentren a la vanguardia de nuevas tecnología; con el fin de mitigar el impacto ambiental

que se genera en la transformación de la caña de azúcar, dado que el manejo que se observa en la producción es tradicionalista y muy artesanal, el cual a su vez no cumple con algunas normas de higiene y la disposición final de los subproductos como las aguas dulces; aguas que son vertidas directamente a los afluentes más cercanos a la producción, que a su vez se les suma las cenizas que van a parar al mismo cause como sedimentos arrastrados por las aguas lluvias. La ineficiencia energética de los hornos paneleros trae consigo el uso de combustibles adicionales al bagazo de caña, en todos los casos se complementa con leña y en el peor de los casos con llantas de caucho, siendo este último insumo altamente contaminantes en términos de emisiones atmosféricas, dejando además trazas toxicas en las cenizas resultantes de la combustión, lo cual contribuye a la acidificación de los suelos y perdida de microorganismos eficientes del mismo.

## Justificación

La transformación de la caña de azúcar permite obtener diferentes productos que son de interés a nivel mundial; este producto posee un gran potencial que se ve representado en la demanda local en diferentes territorios, y se proyecta para ser comercializado a gran escala, tomando como referencia las cifras de la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), donde 26 países a nivel mundial promueven y son gestores de la siembra y posterior transformación del jugo de la caña de azúcar.

A nivel mundial Colombia posee el primer lugar como consumidor de panela, y ocupa el segundo lugar como productor con un 12.1 % en la obtención y posterior conversión de la caña de azúcar, al interior del país la transformación de la caña de azúcar aporta al producto interno bruto con alrededor del 3.6 %, representado principalmente en la producción de empleos rurales y seguridad alimentaria; permitiendo cerca de 400 mil empleos a trabajadores de las diferentes regiones del país (Useda & Guzmán, 2016), que llevan a cabo sus faenas de trabajo en 70 mil sembríos y alrededor de 20 mil trapiches paneleros; lo que convierte la producción panelera como una de las principales fuentes de empleo en la región andina comprendida entre los 1000 m.s.n.m. y los 2000 m.s.n.m.

De acuerdo con el DANE (Censo Nacional Agropecuario, 2014) La producción de panela representa el segundo generador de empleo rural en el país, la cual se concentra según lo indica FEDEPANELA en su página web [www.fedepanela.org.co](http://www.fedepanela.org.co) en cerca de 20000 unidades productivas (Trapiches) de los cuales el 90 % cuentan con una capacidad instalada de molienda inferior a los 100 kilogramos de panela por hora, esto los hace tradicionales y de producción artesanal de economía campesina, esta condición de pequeños productores hace que no se dé la importancia requerida a temas ambientales y que además las autoridades ambientales no logren dar cobertura para el control de estas fuentes contaminantes, por tanto, resulta preciso diseñar

modelos ambientales económicos de fácil aplicación y adopción por parte de los pequeños productores de panela en el país y específicamente en la zona de influencia del proyecto.

## Objetivos

### Objetivo general.

Diseñar un plan de manejo ambiental de subproductos derivados de la producción de panela bajo un enfoque de Producción Más Limpia -PML

### Objetivos específicos

- Caracterizar los subproductos generados en cinco trapiches de la zona de influencia vereda Aguacatal Neira Caldas
- Evaluar las actividades productivas bajo el enfoque de Producción Más Limpia
- Proponer alternativas de manejo de subproductos generados por la producción de panela con el fin de mitigar el impacto ambiental generado al recurso agua y suelo.

### **Antecedentes**

El proceso de transformación de la caña de azúcar ocupa un segundo lugar en la agroindustria rural de Colombia, posterior a la agroindustria del café. Según Useda & Guzmán (2016), Colombia se ubica como uno de los líderes a nivel mundial en consumo per cápita, el cual se ve representado en 38,6 kilogramos al año; permitiendo a su vez ser reconocido como el segundo país productor de panela a nivel mundial seguido de la india, país el cual procesa de caña de azúcar ciento ocho millones de toneladas al año.

Al interior de Colombia, la producción de panela está representada en diferentes actividades que van desde el establecimiento del cultivo, cosecha, transformación y comercialización de la misma, de los cuales en su mayoría todos estos procesos son llevados a cabo por los propietarios de los predios donde se encuentran establecidos los cultivos; permitiendo esto, ser denominados como trapiches campesinos y en algunos casos trapiches comunitarios, si tenemos en cuenta algunos Resguardos Indígenas como los ubicados en el municipio de Riosucio Caldas.

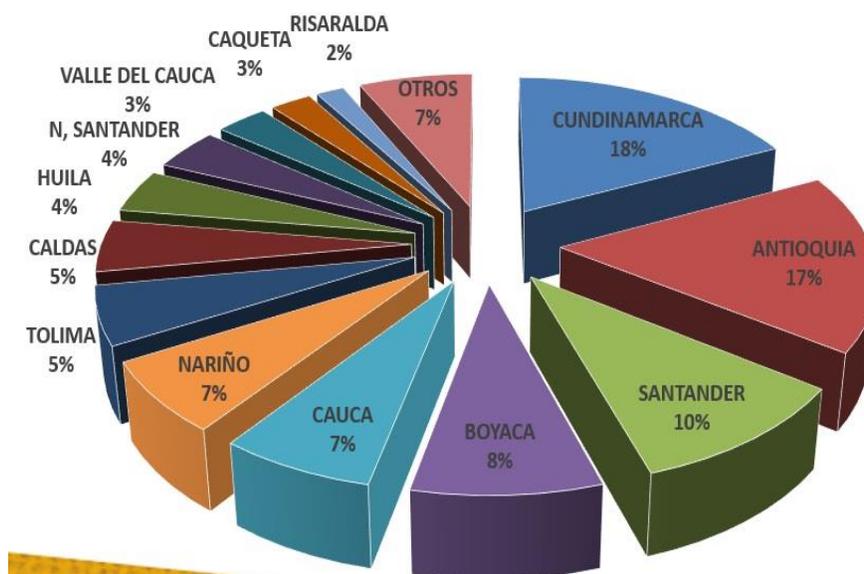
Según las evaluaciones agropecuarias del departamento de Caldas, EVAS 2018 el departamento cuenta con 10581 hectáreas cultivadas en caña para la producción de panela la cual se realiza en alrededor de 5000 unidades productivas, en 25 municipios del departamento, Neira participa con 414 hectáreas procesadas en 82 trapiches,

En la zona de estudio ubicada en la vereda aguacatal del municipio de Neira Caldas, las unidades productivas encargadas de la transformación del jugo de la caña de azúcar, denominadas trapiches paneleros; se identifican en su mayoría por ser pequeñas unidades productiva rudimentarias, acompañadas de conocimientos empíricos que han trascendido de generación en generación; permitiendo que muchos de los procesos de producción que estos

conlleven, estén representados por malas prácticas agrícolas y de mano factura; dando paso a la inadecuada disposición final de los residuos generados en su transformación.

La transformación de la caña de azúcar para obtener panela se convierte en uno de los renglones más significativo de la producción agraria en Colombia, teniendo en cuenta su extensión en cuanto área sembrada, que supera las 228.976 hectáreas, con una producción de 1.248.141 toneladas producidas en 29 departamentos, con un total de 70.000 unidades productivas, representadas en 350.000 familias con 19.050 trapiches paneleros, que evidencian una participación en la producción y la consecución de mano de obra de por lo menos 65.716.139 jornales y 379.862 empleos directos. Entre los principales departamentos en área sembrada encontramos el departamento de Cundinamarca, Antioquia, Santander, Boyacá, Cauca, Nariño, Tolima, Caldas, Huila, Norte de Santander, Valle del cauca, Caquetá, Risaralda entre otros. (Fedepanela, 2019).

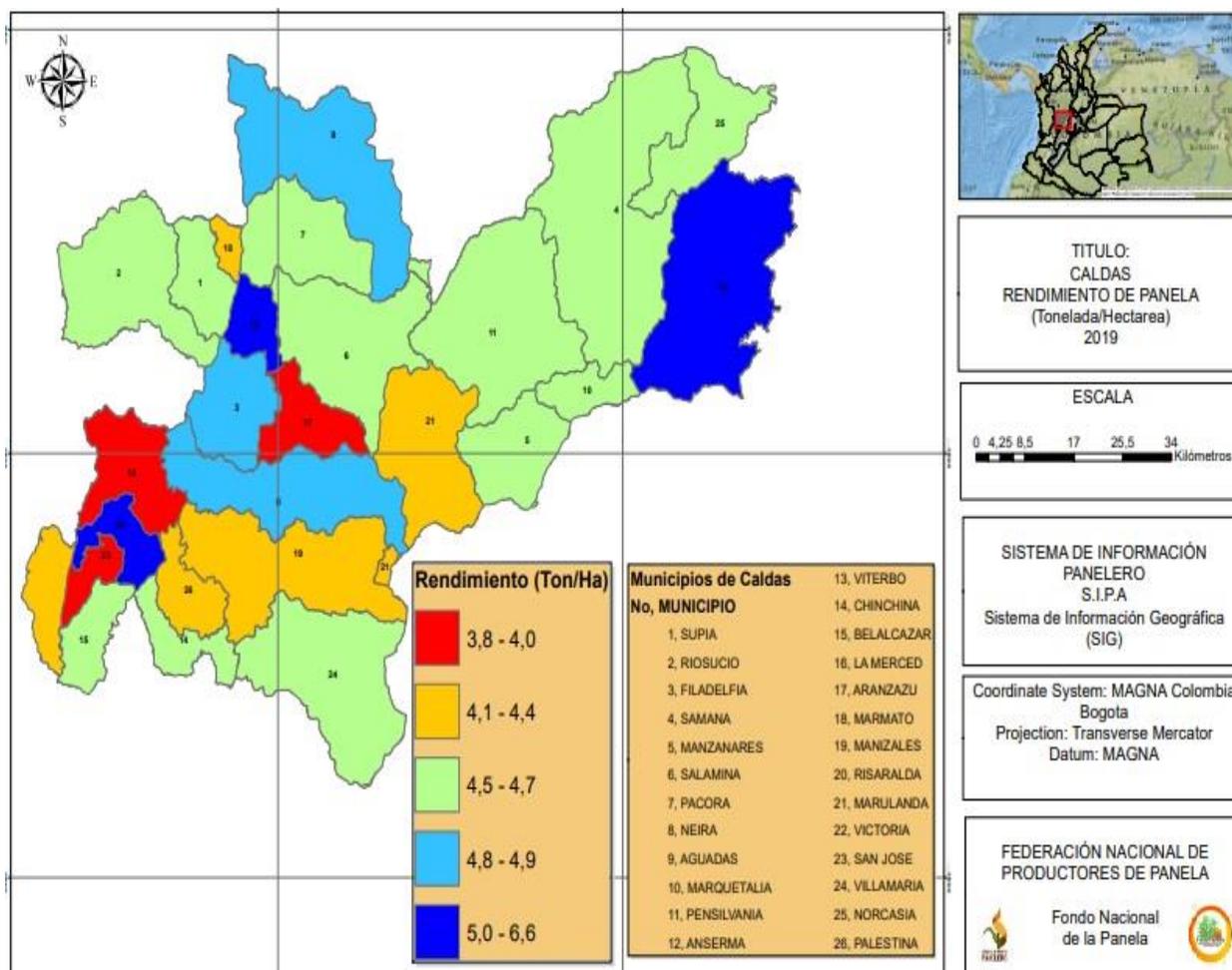
**Gráfica 1. Distribución áreas en caña por departamento**



Fuente Fedepanela (2019) [ Gráfico circular participación de los principales Departamentos de Colombia en área Sembrada de caña de azúcar para producción de panela]

En el departamento de Caldas según Fedepanela (2019), se alcanza en algunos de sus municipios un rendimiento de 5,5 - 6,6 (Toneladas /He), siendo los municipios de la Merced, Risaralda y la victoria los que ocupan los primeros lugares seguida de los municipios de Filadelfia, Neira y Aguadas, con un rendimiento que oscila entre los 4.5 – 4,6 (Tonelada/He).

**Gráfica 2. Mapa rendimiento (Ton/Ha) municipios de Caldas.**



Fuente. Fedepanela (2020)

[ Mapa Caldas rendimiento de panela (tonelada/Hectárea) 2019 –sipa-Fedepanela].

Tomando como referencia la cifra anteriormente mencionada, donde se producen 1.248.141 toneladas de panela al año (Fedepanela, 2019). Se puede establecer que las

investigaciones adelantadas nos dan a conocer que la agroindustria panelera en su proceso de conversión de jugo a panela; se convierte en una producción que genera cargas contaminantes hídricas, edáficas y atmosféricas. Las cargas contaminantes atmosféricas generan volúmenes de gases contaminantes respectivamente pequeños, cotejados con los de otras agroindustrias. Dichos volúmenes de gases logran, sin embargo, transportar gases tóxicos y material particulado en altas concentraciones, como es el caso del CO, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, el cual está por encima de los límites permisibles según la legislación ambiental en Colombia. Esta concentración de monóxido de carbono y óxido nitroso puede incrementarse de manera substancial por el uso de caucho (llantas neumáticas) o leña (guadua), combustibles complementarios muy usados en esta agroindustria para cubrir la deficiencia de combustible (García, 2004). A lo cual debemos sumar la gran cantidad de material de cenizas que este proceso de combustión genera como residuos. Lo que hace que se convierta en un problema que normalmente enfrentan los paneleros de la zona medio andina del municipio de Neira Caldas, debido a la disposición de este subproducto. En la mayoría de los casos las cenizas provenientes del bagazo de la caña son empleadas en el campo, como fertilizantes para el cultivo de caña de azúcar (los cuales poseen pocos nutrientes para las plantas), o son desechadas naturalmente sin un manejo eficiente (Souza *et al.*, 2007). Sumado a esto, el mantenimiento y posterior lavado de los equipos utilizados en la elaboración de la panela como los fondos, el tanque abastecedor de mieles, bateas, mecadores, moldes y demás utensilios; generan un gran consumo del recurso hídrico y su posterior contaminación con residuos orgánicos principalmente los jugos de la caña de azúcar (sacarosa), conocidos comúnmente como aguas mieles; los cuales no se disponen adecuadamente, pues son dispuestas al ambiente sin ningún tipo de precaución. Este manejo hace que los residuos se

evaporen naturalmente y escurran a los cuerpos de agua cercanos, lo cual altera la calidad del agua disponible para la comunidad (Ordoñez & Rueda, 2017).

Es de suma importancia establecer procesos de producción más limpia, tendientes a promover la gestión ambiental, la cual brinda un sin número de beneficios a la agroindustria panelera; si se pone en práctica y se dé un enfoque sistemático al ciclo de vida aplicado a la producción, y se tiene en cuenta: el diseño del producto; tecnologías que produzcan pocos desechos; el uso eficiente de la energía y de la materia prima; optimización de las tecnologías existentes y alto nivel de seguridad en las operaciones. (López, *et al.*, 2011). Estos procesos permitirán disminuir significativamente en muchas operaciones el desgaste de los recursos naturales, y a su vez disminuir los subproductos generados por la transformación de la caña de azúcar; lo que dará paso a un manejo más adecuado, según los procesos implementados para mitigar los efectos causados por la inadecuada disposición final de los subproductos problema.

## **Marcos de referencia**

### **Marco conceptual**

- **Agua:** “Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos” (Real Academia Española, 2014)
- **Aguas mieles:** “Producto intermedio en estado líquido, resultante del procesamiento de la caña de azúcar, después del lavado de los hornos y utensilios utilizados en el procesamiento de la panela” (Fedepanela, 2019).

- **Agua residual:** “Las aguas residuales son las procedentes de zonas de vivienda y de servicios producidas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas y productivas” (Huertas *et al.*, 2013)
- **Contaminación hídrica:** “La acción y efecto de introducir materias o formas de energía o inducir condiciones en el medio hídrico que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores, con la salud humana o con los ecosistemas acuáticos o terrestres directamente asociados a los acuáticos; causen daños a los bienes y deterioren o dificulten el disfrute y los usos del medio ambiente” (Real Academia Española, 2014)
- **Bagazo:** “Residuo fibroso resultante de la trituración, presión o maceración de frutos, semillas, tallos, etc., para extraerles su jugo, especialmente el de la vid o la caña de azúcar” (Real Academia Española, 2014)
- **Buenas prácticas agrícolas:** “Conjunto de prácticas que buscan garantizar la inocuidad de los productos agrícolas, la protección del ambiente, la seguridad y el bienestar de los trabajadores y la sanidad agropecuaria” (Fedepanela, 2019)
- **Buenas prácticas de manufactura:** “Principios básicos y prácticas generales de higiene en la manipulación, preparación, elaboración, envasado, almacenamiento, transporte y distribución de alimentos para consumo humano” (Fedepanela, 2019).
- **Cachazas:** “Espuma que se forma en un líquido al cocerlo, y especialmente en el jugo de la caña de azúcar” (Real Academia Española, 2014)
- **Cenizas:** “Polvo de color gris claro que queda después de una combustión completa, y está formado, generalmente, por sales alcalinas y térreas, sílice y óxidos metálicos” (Real Academia Española, 2014)

- **Horno panelero:** “Infraestructura para la evaporación” (Real Academia Española, 2014)
- **Trapiche:** “Molino de para extraer el jugo de algunos frutos de la tierra, como el de las aceitunas o la caña de azúcar” (Real Academia Española, 2014)
- **Panela:** “Producto alimenticio intermedio en estado líquido, obtenido del procesamiento de la caña de azúcar por evaporación” (Fedepanela, 2019)
- **Producción artesanal:** “Es aquella producción que elabora objetos mediante la transformación de materias primas naturales básicas, a través de procesos de producción no industrial que involucran máquinas y herramientas simples con predominio del trabajo físico y mental” (Bustos Flores, C. 2009).
- **Recursos naturales:** “Conjunto de los componentes de la naturaleza susceptibles de ser aprovechados por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades y que tengan un valor actual o potencial, tales como el paisaje natural, las aguas superficiales y subterráneas, el suelo, el subsuelo y las tierras, la biodiversidad, la geo diversidad, los recursos genéticos y los ecosistemas que dan soporte a la vida, los hidrocarburos, los recursos hidro energéticos, eólicos, solares, geotérmicos y similares, la atmósfera y el espectro radioeléctrico, o los minerales, las rocas y otros recursos geológicos renovables y no renovables” (Real Academia Española, 2014)
- **Residuos:** “Aquello que resulta de la descomposición o destrucción de algo” (Real Academia Española, 2014)
- **Seguridad alimentaria:** “Factor de desarrollo económico, de bienestar emocional y psicológico, que representa la capacidad de las familias para obtener, ya sea produciendo

o comprando, los alimentos suficientes para cubrir las necesidades dietéticas de sus miembros” (Pedraza, D. F. 2003).

- **Suelos:** “Conjunto de materias orgánicas e inorgánicas de la superficie terrestre, capaz de sostener vida vegetal” (Real Academia Española, 2014).
- **pH:** “Coeficiente que mide el grado de acidez basicidad de una solución acuosa (jugo o miel de caña)” (Fedepanela, 2019).
- **Evaporación:** “Es la etapa que se da entre la ebullición del guarapo y la formación de las mieles o meladuras es decir a temperaturas entre los 95 °C y 100°C” (Fedepanela, 2019).

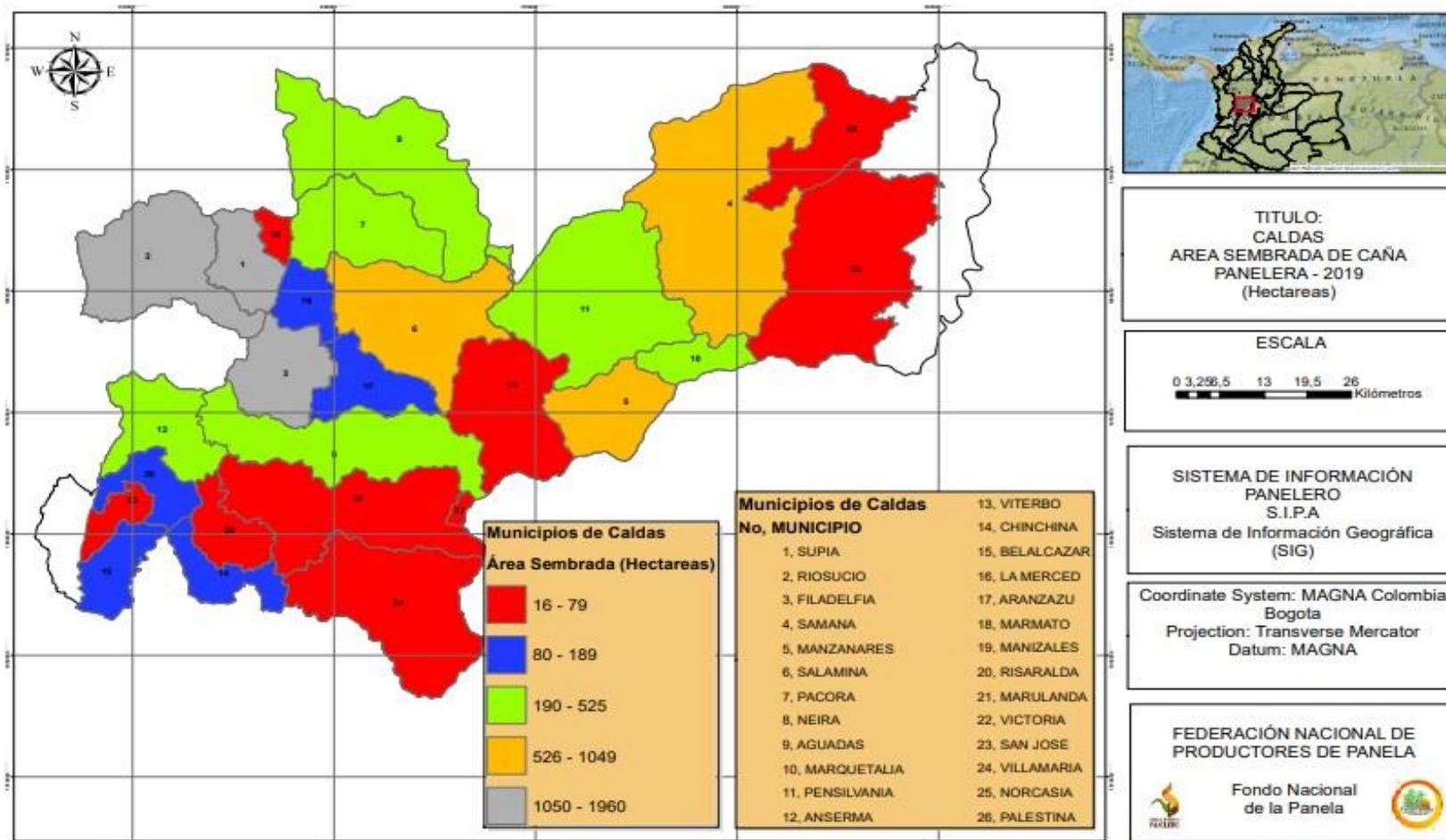
### **Marco geográfico**

El Municipio de Neira se encuentra ubicado a 21 kilómetros de la ciudad Manizales; en la cordillera central, con una altitud de 1.927 m.s.n.m. Su clima oscila entre los 16.9 a 19 grados centígrados. Sus Coordenadas geográficas son: Latitud: 5.167, Longitud: -75.517 5° 10' 1" Norte, 75° 31' 1" Oeste; posee una población promedio 27.250 Habitantes con una superficie 39.300 hectáreas 393,00 km<sup>2</sup> (151,74 sq m) los límites geográficos al norte: con Filadelfia y Aránzazu al sur: con Manizales al oriente: con Marulanda al occidente: con Anserma y Quinchía (Risaralda)

Neira posee un territorio con una gran zona rural caracterizada por diferentes pisos térmicos, desde clima cálido hasta frío, este último representado por la vereda san pablo que limita con el parque nacional de los nevados; donde se encuentran temperaturas que oscilan entre los 10°C y 12°C, ubicados desde los 2000 a 3000 m.s.n.m. En la parte media andina del municipio se encuentran un clima templado con 18°C y cálido que va desde 23°C, con una

altitud promedio a partir de los 500 m.s.n.m. hasta los 1700 m.s.n.m. En la zona medio andina se encuentran ubicada la vereda aguacatal la cual está representado por ser una zona productiva especialmente donde se cultiva los granos de café, seguido de la caña de azúcar y algunos cultivos de cítricos y de plátano. En esta zona encontramos la segunda producción más grande del cultivo de la caña de azúcar del municipio de Neira; representada por las fincas el Paraíso, San José, la Palmera, Barrizal, Porvenir, las cuales suman un área total de 78 hectáreas con una producción promedio anual de 6 toneladas por hectárea, lo que permite la obtención de 468 toneladas de panela.

Gráfica 3. Área sembrada de caña panelera 2019 (Hectáreas)



Fuente. Fedepanela (2020) [ Mapa área sembrada en caña Caldas 2019 –SIPA-Fedepanela]

**Marco legal.**

- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA 1991: Por lo cual se reglamenta los derechos colectivos y del ambiente.
- Artículo 98 numeral 8. Es deber de la persona y del ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.
- Decreto 2025 de 1996. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. “Por el cual se reglamenta parcialmente el Capítulo V de la Ley 101 de 1993, y las Leyes 67 de 1983, 40 de 1990, 89 de 1993 y 114, 117, 118 y 138 de 1994”.
- Decreto 1999 de 1991. Ministerio de Agricultura. “Por la cual se reglamenta la Ley 40 de 1.990”.
- Decreto 1594 de 1984: “Por el cual se reglamenta los usos del agua y residuos líquidos”
- LEY 40 DE 1990"Por la cual se dictan normas para la protección y desarrollo de la producción de la panela y se establece la cuota de fomento panelero".
- Resolución 002284 del 1995 del Ministerio de Salud, “por la cual se dictan medidas de carácter sanitario sobre la producción, elaboración y comercialización de la panela”
- Resolución número 779 de 2006 “Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de la panela para consumo humano y se dictan otras disposiciones”
- Ley 373 de 1997 ““Por la cual se establece el programa de uso eficiente y ahorro de agua”

## Marco teórico

### Cultivo

El cultivo de la caña de azúcar para la extracción de su jugo permitió su introducción a la gastronomía durante la época de la conquista de los españoles. Este producto ingreso a Colombia en el año 1538 por el Puerto de Cartagena y dos años después en 1540 entró por Buenaventura al valle geográfico del Río Cauca, cultivándose originalmente en la margen izquierda del río Cauca, en Arroyo Hondo y Cañas Gordas, lugares muy cercanos a la ciudad de Cali (Restrepo, 2007).

### Foto 1. Cultivo



Fuente: Autores

Con la implementación de este cultivo; se vio la necesidad de facilitar sus procesos productivos, dando paso a la construcción de los denominados trapiches y a su vez con el paso del tiempo y gran aceptación; se comenzó a implementar nuevos cultivos que permitieran su

mejoramiento genético con el fin de obtener cultivos de alto rendimiento en cuanto a producción. El cultivo de la caña de azúcar requiere diferentes procesos que van desde la preparación del terreno, hasta la cosecha de este y su posterior transformación. Este último; va ligado a buenas prácticas agrícolas (BPA) al inicio del establecimiento del cultivo, con el fin de obtener un buen rendimiento en la extracción del jugo; a su vez la calidad del producto resultante está ligado a las buenas prácticas de manufactura (BPM), acciones las cuales son inclinadas a mitigar los riesgos microbiológicos, mecánicos y químicos en el beneficio de la caña de azúcar. (Cadavid, 2007).

### **Cosecha**

Para el manejo de cosecha, postcosecha y producción de panela influye la maduración, la variedad, la edad de establecimiento del cultivo y las condiciones físicas (terreno, clima e intensidad lumínica) en que se desarrolla el cultivo, los cuales desempeñan una función elemental en la producción de tallos y en la concentración de los azúcares. La edad de cosecha o periodo vegetativo del cultivo depende de la variedad y, principalmente de la altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), factores que influyen en la producción de la sacarosa. (Cadavid, 2007).

**Foto 2. Cosecha**

Fuente: Autores

Estas condiciones contribuyen a un buen manejo agronómico del cultivo que llevará consigo el adecuado beneficio del mismo, el cual está constituido por el conjunto de procedimientos tecnológicos posteriores a la extracción de la caña, que llevan a la elaboración de panela teniendo en cuenta los siguientes procesos: corte alce y transporte de la caña (CAT), triturado y extracción del jugo (molienda), prelimpieza, clarificación y encalado, evaporación del agua, concentración de las mieles, punteo y batido, moldeo enfriamiento, empaque y embalaje.

**Corte alce y transporte de la caña(CAT)**

Las actividades de corte, alce y transporte de la caña se ejecutan teniendo en cuenta la última etapa del ciclo productivo del cultivo, la cual está determinada por la edad (época de su cosecha). En terrenos que permiten la labranza mecánica, se llevan a cabo las faenas de

recolección por medio de tractores los cuales son llevados a los lotes de cosecha, con el fin de recolectar los tallos de caña que se han aprovechado por los corteros de forma manual. La labor de recolección de los tallos, tienen como consecuencia un proceso de compactación de la capa arable sobre el suelo conocido como compactación de la superficie, la cual es considerada de bajo impacto por que el tractor con el remolque rodante denominado zorra, solo ingresa al cultivo cada vez que se va a realizar el proceso de cosecha a los lotes destinados para tal fin; ubicándose en lugares diferentes de los lotes de la finca permitiendo la recolección de la caña, y así sucesivamente hasta terminar la labor en el lote (Fedepanela 2015).

### Foto 3. Corte, alce y transporte



Fuente: Autores

En la zona medio andina la cual están constituidas por terrenos de ladera; la operación de recolección se lleva a cabo con mulares o caballares que ingresan al lote constantemente

hasta terminar la recolección ingresando y saliendo por el mismo camino, dejando huellas permanentes las cuales son fáciles de identificar. Se puede considerar de impacto medio bajo debido a que la operación se realiza en promedio dos veces al mes dada la forma como están sembrados los lotes de caña, pues permite tener cañas maduras durante todo el año. Durante la época de invierno se hace crítica la situación, pues los animales tienen un recorrido trazado y van generando ablandamiento del suelo en sus capas superficiales y medias, ocasionando “barrales” que fácilmente se pueden desestabilizar.

### **Apronte o almacenamiento de la caña**

El apronte se presenta como las acciones previas a la molienda, corte alce y trasporte desde el campo hasta el trapiche y su respectivo almacenamiento (Fedepanela, 2019), permitiendo de manera organizada el traslado de los tallos de caña a un área destinada para el almacenamiento dentro del trapiche. A este sitio llega los tallos de caña transportados de manera mecánica (tractor) o de forma tradicional por los mulares. La caña generalmente se transporta con residuos de campo como restos de tierra y hojas, la presencia de estos últimos se puede atribuir a las variedades, el suelo, clima, los rendimientos de tallos y el manejo a que se somete el agro sistema cañero y tierra. (Toledo *et al.*, 2008).

**Foto 4. Apronte, trapiche El Paraíso**

Fuente: Autores

Los residuos como las hojas son removidos de manera manual con el fin de permitir un desarrollo normal en el proceso de molienda. Mientras que los conocidos como los cogollos o en la práctica de corte palma; son utilizados para la alimentación de ganado bovino, caballares, y los mulares destinados a la carga en las fincas de producción panelera.

**Triturado y extracción del jugo (molienda).**

Según Fedepanela (2019) este proceso se refiere a la actividad global del procesamiento de la caña para convertirla en panela. Permitiendo la extracción del jugo por medio de molinos. Para llevar a cabo este proceso; los tallos de la caña de azúcar son pasados por el molino de tres mazas, con el propósito de ser sometidos a la presión de los rodillos y de esta manera permitir la salida del jugo de los tallos de la caña de azúcar.

**Foto 5. Extracción del jugo – molienda, trapiche Alto Bonito**



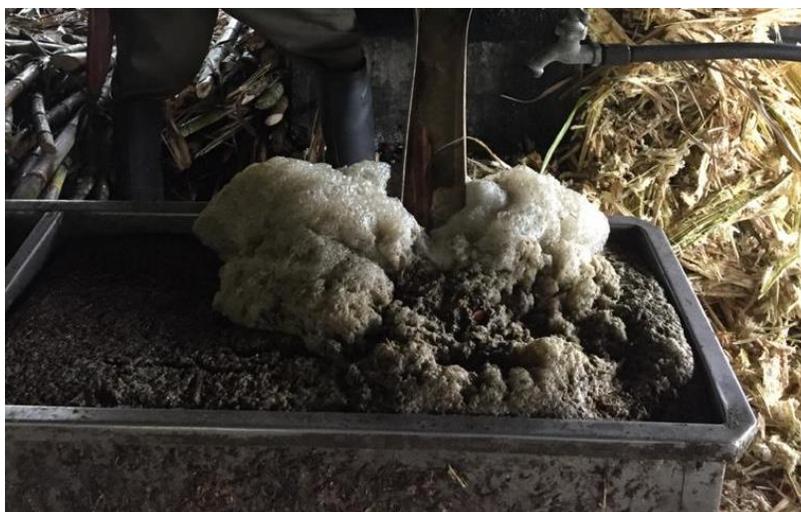
Fuente: Autores

En este proceso se utilizan diferentes tipos de molinos todos ellos metálicos, los cuales son impulsados por motores de combustión que trabajan principalmente con ACPM. El proceso de extracción permite obtener el jugo y deja como resultado un subproducto denominado “bagazo”. El jugo permanece en el proceso hasta ser transformado en panela, y el bagazo es transportado a un lugar de almacenamiento, protegido contra la lluvia y los vientos (Fedepanela, 2019), para posteriormente ser depositado en el lugar destinado para su acopio llamado “bagacera”, donde permanece por un periodo con la intención de perder su humedad, de tal forma que este pueda ser utilizado como combustible, que permita o de paso a la producción de energía a través del calor, el cual es necesario para la evaporación por medio de la ebullición del agua del jugo y de esta manera obtener la panela.

## **Prelimpieza**

Esta actividad se realiza a temperatura ambiente una vez se ha extraído el jugo por acción del molino, utilizando para ello un mecanismo de decantación conocido como “prelimpiador”, que por efecto de la gravedad envía al fondo las partículas más pesadas, reteniendo una fracción importante de los sólidos presentes en el jugo como son: partículas de tierra, arena y lodo (Fedepanela, 2015).

### **Foto 6. Prelimpieza**



Fuente: Autores

Simultáneamente, en estos contenedores adaptados para tal fin; se apartan por flotación con la ayuda de un remellón aquellos elementos y partículas flotantes entre las cuales están hojas, bagacillo, y pequeños insectos, entre otros. Habitualmente, los métodos de prelimpieza se ubican a la salida del jugo del molino. En el país el 85% de las fábricas tiene prelimpiador. De estos, el 90% lo tienen construido en cemento y el 10% en acero inoxidable. (Fedepanela, 2018). Independientemente de los elementos de construcción del prelimpiador, estos equipos generan restos que se recolectan en recipientes bien sean plásticos o de metal y se disponen o

conducen a los cultivos como desecho sin dárseles ningún manejo técnico. Por su composición estos residuos se convierten en un problema no solo ambiental por su inadecuada disposición final, sino también son atrayentes de vectores y generan olores ofensivos al mismo tiempo.

## **Limpieza**

Conocida en el entorno panelero también con el nombre de “descachazado”, consiste en quitar la cachaza del guarapo (Real Academia Española, 2014).

### **Foto 7. Limpieza (descachazado)**



Fuente: Autores

El jugo de caña presenta sólidos suspendidos, que implican una posterior disminución en la calidad final del producto a obtener (panela). Estos sólidos denominados también impurezas, se extraen combinando diferentes tipos de procesos como lo es el bioquímico que permite la adición de especies que en su composición poseen aglutinantes como el balso

(*Heliocarpus americanus* L), Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam), de los cuales se maceran las partes seleccionadas de las plantas y se mezclan con agua. (González, 2013, pág. 21), permitiendo la clarificación y recolección de sustancias y residuos no deseados presentes en la extracción del jugo de los tallos de la caña de azúcar. Lo que pretende el productor de panela con la adición de los aglutinantes naturales, es la eliminación de las cachazas que en sus contenidos se encuentran pequeñas partículas de los tallos, hojas, suelo, sustancias coloidales y sólidos solubles presentes en el jugo de la caña; esta es una de las principales operaciones en el proceso de producción de panela, ya que se requiere para ofrecer un producto final con bajo contenido de sólidos insolubles responsables de colores no deseados. (Caicedo & Saa, 2011, pág. 18).

**Foto 8. Mucilago de balso**



Fuente: Autores

La cachaza obtenida a través del proceso de clarificación y limpieza se somete a nuevos cambios llevando estos residuos a procesos de cocción hasta formar una concentración espesa de las mieles que recibe el nombre de “melote” y es utilizado en la alimentación caballar y mular como energético e hidratante de los semovientes que desarrollan labores por lo regular en la misma finca donde se procesa. El contenido restante de melazas no recibe un tratamiento adecuado; lo que da paso a una inadecuada disposición final, llevándolo permanentemente solo a un lote de los cultivos de caña, permitiendo la acidificación de los suelos por el contenido de sacarosa y contaminación de las fuentes de aguas colindantes a los trapiches.

### **Evaporación, concentración y punteo.**

Estos procesos comienzan con la evaporación del agua que poseen los jugos de la caña de azúcar, permitiendo la concentración de los azúcares en los jugos. En esta etapa el calor proporcionado por la combustión en el horno es requerido para el cambio en la fase de líquido a vapor, con lo cual se logra aumentar el contenido inicial de sólidos solubles hasta el punto para la obtención de panela. Cuando los jugos alcanzan un contenido de sólidos solubles cercanos a 70 °Brix, estos jugos adquieren el nombre de mieles (Santamaria, 2012, pág. 19). Según Fedepanela (2015) en su nota de información de la NAMA (NINO), en esta fase se evapora entre el 96% y el 98% del agua contenida en el jugo.

**Foto 9. Evaporación, concentración y punteo, trapiche Alto Bonito**

Fuente: Autores

Para la práctica de concentración y punteo se establece el punto ideal para obtener la panela, para esto se tiene en cuenta la temperatura de ebullición de la miel. Para evitar que se derrame como consecuencia de la ebullición se usa una grasa de origen vegetal como antiespumante.

**Batido y moldeo**

El batido se lo realiza con el fin de enfriar el producto, evitar que se quemé y especialmente para mejorar el color por efecto de la oxigenación de este. (Benalcázar, 2015, pág. 108).

En esta fase de la elaboración de la panela la miel es vaciada a recipientes de acero inoxidable o madera denominadas bateas; donde los operarios con la ayuda de palines de hierro adaptados para tal fin baten la miel buscando consistencia y enfriándola un poco para verterla a las “gaveras” o moldes de madera.

**Foto 10. Batido, trapiche San José**



Fuente: Autores

Para la producción de panela en moldes las gaveras deben ser llevadas constantemente al agua, con el fin de no permitir la adherencia de la miel y de esta manera consentir la continuidad del proceso de moldeo.

**Foto 11. Moldeo de panela, trapiche Alto Bonito**



Fuente: Autores

Las aguas resultantes de la inmersión de los moldes de madera (gaveras), terminan siendo aguas mieles con altas concentraciones de sacarosa, glucosa; que, en los procesos de limpieza de los trapiches y sus utensilios, no se les da una adecuada disposición final de tal forma que carecen de procesos de mitigación de contaminación de los suelos y los afluentes cercanos.

### **Empaque y embalaje.**

Para determinar el tipo de empaque que llevara la panela, se debe tener en cuenta diferentes aspectos entre ellos el tipo de cliente o el destino final, entre los cuales se encuentran las tiendas de abarrotes, los supermercados de cadena o para exportar. Para las tiendas de barrio o abarrotes y los supermercados de cadena, el producto es empacado según las exigencias sanitarias teniendo en cuenta la resolución 779 del 17 de marzo de 2006, que exige a los paneleros acogerse a la normatividad de envasado y embalaje, la cual entre sus disposiciones esta que se deben tomar medidas para ofrecer un producto de buena calidad e inocuo. En este proceso se almacena por kilogramos o en atao; en empaques individuales termoplásticos, rotulados; ubicando las panelas en otra cobertura de papel con presentación por paca de 24 kilogramos, donde finalmente es asegurada con pegamento o cabuya para evitar que la bolsa quede suelta. Este tipo de presentación es conocido como una paca de panela (Restrepo, 2013).

### **Marco metodológico**

Con un enfoque de investigación mixto, el equipo de trabajo procedió a la inmersión en campo para el reconocimiento de la zona de estudio y la aplicación de instrumentos de

captura de información, para lo cual las visitas predio a predio permitieron obtener información base diagnóstica que permitiera obtener datos concretos y reales de la actividad, insumos que servirán para la toma de decisiones en cuanto al o los modelos de manejo a implementar para la mitigación de impactos, ejecutamos tres fases.

### **Fase 1. Caracterización - diagnóstico**

Diseño de los instrumentos de recolección de datos (formularios), Selección de trapiches.

En esta fase se diseñó el formato de caracterización de trapiches, dicho documento permite recopilar datos como, geográficos, características físicas de la infraestructura, volumen de producción estimado a partir del promedio de caña aprontada como materia prima por jornada de molienda, eficiencia energética del horno evaluando si requiere o no combustible adicional al bagazo y en caso afirmativo, cual combustible adicional se usa y en que volumen, tratamiento o manejo actual si se tiene de los residuos generados en la producción, sistema de captación y conducción de aguas dulces, y demás elementos que el profesional en campo determine relevantes para la caracterización integral de la unidad productiva, haciendo que esta se convierta en insumo fundamental para la fase 2.

Además, realizamos la selección de los trapiches objeto del estudio de acuerdo con una zona de producción que reuniera plantas de diferentes tamaños y volumen de producción, para lo cual se seleccionaron 5 trapiches paneleros ubicados en la vereda Aguacatal del municipio de Neira Caldas.

### **Fase 2: Evaluación de actividades bajo enfoque de PML.**

En esta fase, con base en la información recolectada en campo, lo cual se traduce en

tener definidos los volúmenes y características de los residuos generados por el proceso productivo, aplicamos los conocimientos y métodos adquiridos en el transcurso del pregrado y la revisión documental específica para este ejercicio, con esta conjugación se procederá a evaluar las actividades del proceso productivo con enfoque de producción más limpia PML.

### **Fase 3: Definición de alternativas para manejo de subproductos problema.**

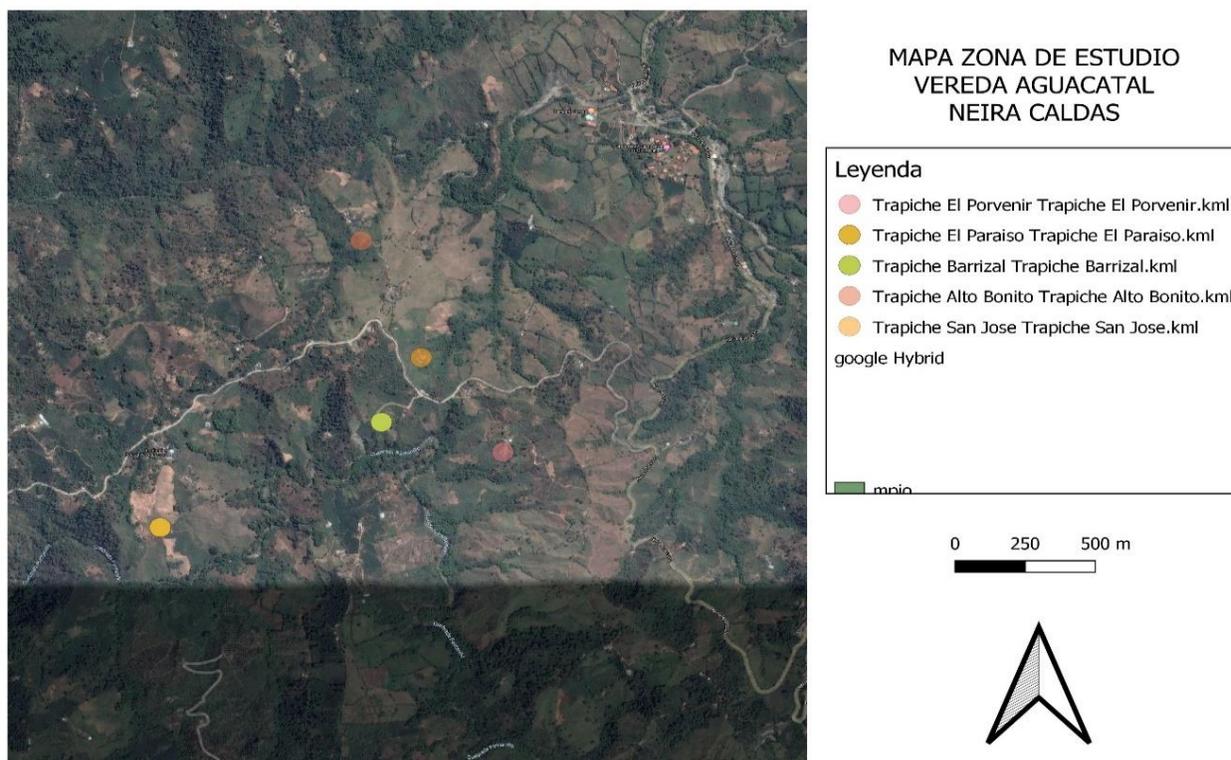
Esta fase con base en el análisis de la información obtenida durante la aplicación del proyecto, evaluación de los resultados en campo y aplicación de matriz de selección de alternativas, se procede a desarrollar la propuesta de manejo para los subproductos problema identificados, las cuales deben ser técnica y económicamente de fácil adopción por pequeños productores de panela.

## Análisis de resultados

### Caracterización de trapiches

La zona de estudio seleccionada esta ubica en el municipio de Neira Caldas, vereda Aguacatal, con altura promedio sobre el nivel del mar de 1350 metros, los trapiches seleccionados son heterogéneos en cuanto al área de caña disponible, frecuencias de molienda y sistema de corte.

### Gráfica 4. Mapa zona de estudio



Fuente: Autores

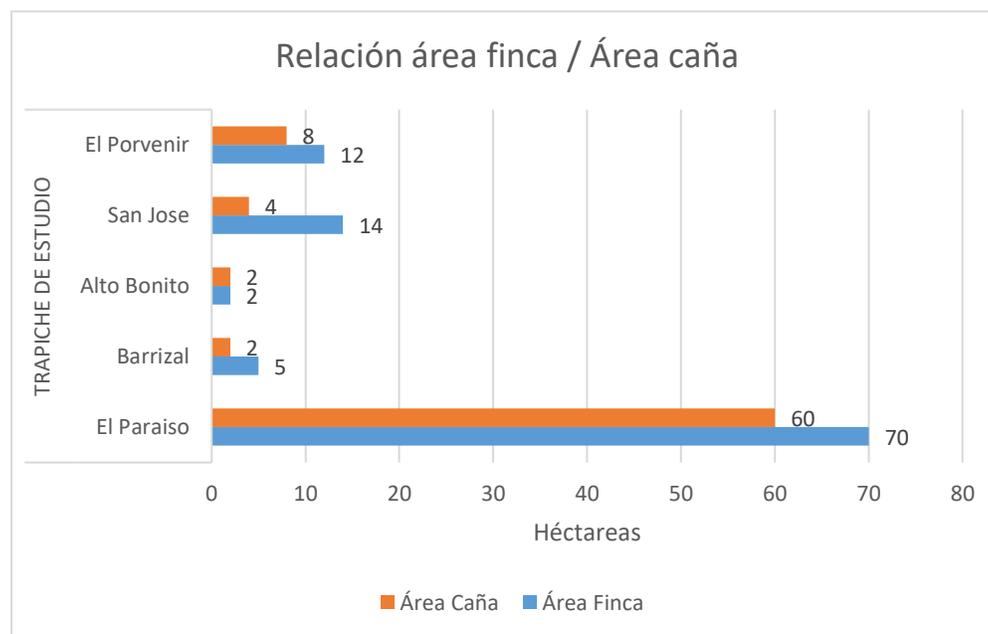
Se aplicó ficha de caracterización de las unidades productivas objeto, mediante instrumento de captura de información (Ver Anexo), ficha que se resume en la siguiente tabla

Tabla 1. Resumen captura de información

Hitos		Trapiches de estudio				
		El Paraíso	Barrizal	Alto Bonito	San José	El Porvenir
Área finca		70	5	2	14	12
Área caña		60	2	2	4	8
Coordenadas	X	5°11'31,39"	5°11'45,96"	5°12'09,11"	5°11'53,98"	5°11'41,81"
	Y	75°34'11,50"	75°33'46,01"	75°33'48,02"	75°33'41,29"	75°33'31,90"
a.s.n.m		1319	1364	1318	1349	1395
Tipo Motor	ACPM	Si	Si	Si	Si	Si
	Eléctrico	Si	No	No	No	No
Frecuencia Molienda	Semanal	Si	No	No	Si	Si
	Quincenal	No	Si	Si	No	No
Molienda	Volumen Caña	25000	8000	6000	6000	12000
	Volumen Panela	2400	720	600	600	1250
	Horas Trabajo Molino	12	8	9	6	9
	Horas Trabajo Horno	17	10	10	9	12
	Kilogramos / Panela / Hora	141	72	60	67	104
Área Por Zona / Infraestructura	Vivienda	80	NA	NA	150	212
	Molienda	48	24	32	48	60
	Horno	50	40	24	21	48
	Moldeo y Empaque	30	9	9	NA	12
	Bodega	18	NA	NA	NA	NA
	Bagacera	400	150	144	80	200
	Cocina	NA	NA	NA	NA	NA
	Comedor	NA	NA	NA	NA	NA
	Alojamiento	NA	NA	NA	NA	NA
	Oficinas	NA	NA	NA	NA	NA
Unidad Sanitaria	4	NA	NA	NA	NA	
Separación y Estado	Apronte y Molienda	No	No	No	No	Adobe / Regular
	Molienda y Proceso	No	No	No	No	Adobe / Regular
	Proceso y Batido	Adobe / Regular	Adobe / Regular	Adobe / Bu	No	Adobe / Regular
	Proceso y Bagacera	No	No	No	No	Adobe / Regular
	Batido y Bagacera	Adobe / Regular	Adobe / Regular	Adobe / Regular	No	Adobe / Regular
	Otra	No	No	No	No	No
Aspectos	Aire / Emisiones	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta
	Agua / Concesión	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta

	<b>Agua / Vertimientos</b>	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta
<b>Residuos Solidos</b>	<b>Realiza Manejo</b>	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Almacenamiento</b>	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Recolección</b>	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Reutilización</b>	No	No	No	No	No
	<b>Clasificación</b>	No	No	No	No	No
	<b>Combustible horno</b>	Si	Si	Si	Si	Si
<b>Combustibles</b>	<b>Combustible Motor</b>	KW	4 Galones	2,5 Galones	3 Galones	5 Galones
	<b>Frecuencia Cambio Aceite</b>	NA	3 meses	4 meses	2 meses	3 meses
	<b>Volumen Aceite Quemado</b>	NA	4 Cuartos	4 Cuartos	4 Cuartos	5 Cuartos
	<b>Disposición Aceite Quemado</b>	NA	Horno	Horno	Horno	Horno
	<b>Combustible Horno</b>					
	<b>Kilogramos / Leña</b>	3000	500	800	300	800
	<b>Kilogramos / Caucho</b>	200	0	0	0	100
<b>Agua / Suministro / Vertimiento</b>	<b>Concesión</b>	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No Cuenta	No
	<b>Tanque Almacenamiento</b>	Si	No	No	Si	Si
	<b>Capacidad Tanque</b>	4000	NA	NA	1000	1000
	<b>Consumo Molienda</b>	3000	1000	1000	1000	1000
	<b>Potable</b>	No	No	No	No	No
	<b>Cruda</b>	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Sistema séptico</b>	No	No	No	No	No
	<b>A Fuente De Agua Superficial Al Suelo</b>	Si	Si	Si	Si	Si
<b>Floculantes</b>	<b>Balso</b>	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Cadillo</b>	Si	No	No	No	No
	<b>Guásimo</b>	No	No	No	Si	No
	<b>Sintético</b>	No	No	No	No	No
	<b>Kilogramos / Molienda</b>	40	10	10	5	15
	<b>Disposición Final</b>	Horno	Horno	Cenicero	Abono	Horno
<b>Cachazas</b>	<b>Litros / Molienda</b>	500	100	120	80	150
	<b>Alimentación animal</b>	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Vertimiento. fuente de agua</b>	No	No	No	No	No
	<b>Vertimiento superficial suelo</b>	Si	Si	No	No	Si
<b>Cenizas</b>	<b>Kilogramos / Molienda</b>	800	180	150	150	200
	<b>Abono</b>	Si	Si	Si	Si	Si
	<b>Vertimiento Fuente de Agua</b>	No	No	No	No	No
	<b>Almacenamiento</b>	Si	Si	Si	Si	Si

**Gráfica 5. Relación área finca / Área caña**



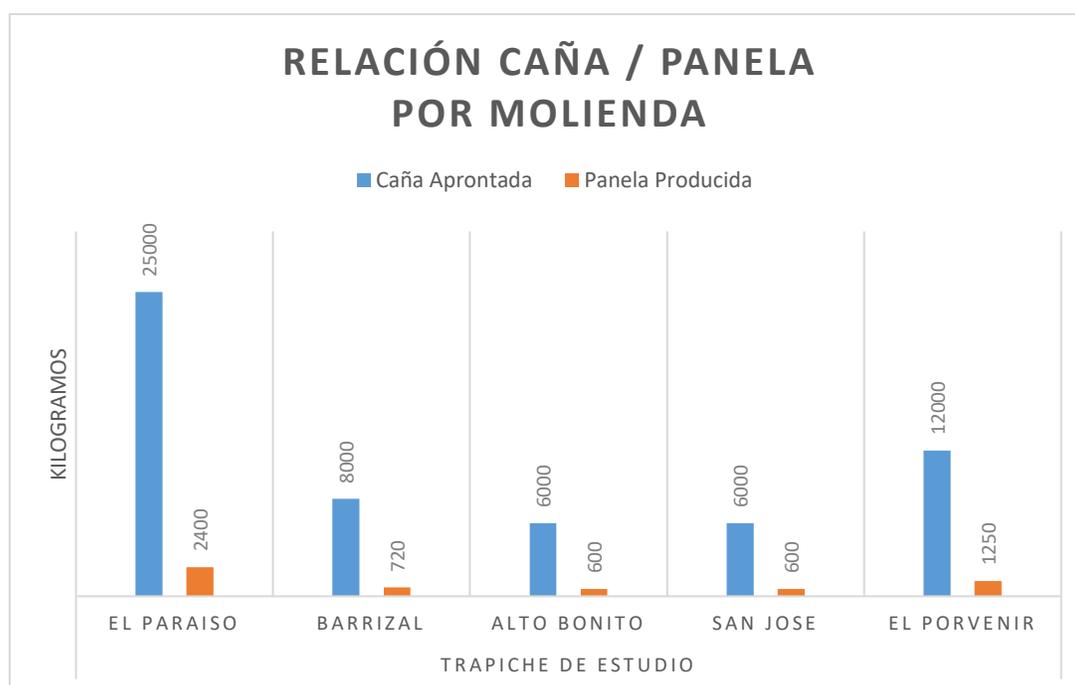
Fuente: Autores

La grafica anterior refleja la relación de uso del suelo ocupado por la caña panelera versus el área total de la finca, así como el tamaño de la unidad productiva.

Las fincas donde se encuentran ubicados los trapiches de estudio en su mayoría están conformadas por policultivos. Una de las principales razones por la cual los pequeños y medianos paneleros llevan a cabo la siembra de policultivos, se ve reflejada con frecuencia en la obtención de una variedad de productos que permitan su sostenibilidad en el tiempo y obtener mayor rendimiento de sus parcelas. Estas prácticas de aprovechamiento de sus predios son recurrentes, debido a las diferentes condiciones socioeconómicas que los llevan a la búsqueda de alternativas y a su vez se les da suma importancia, ya que en ellos encuentran una forma de establecer parcelas productivas que los hacen menos dependientes de la obtención de productos en la cabecera municipal y dar paso a la seguridad alimentaria para sus familias; esta práctica

también ha demostrado que permite darle un uso al suelo que este encaminado hacia su conservación, accediendo a obtener su mayor potencial.

**Gráfica 6. Relación caña / Panela por molienda**



Fuente: Autores

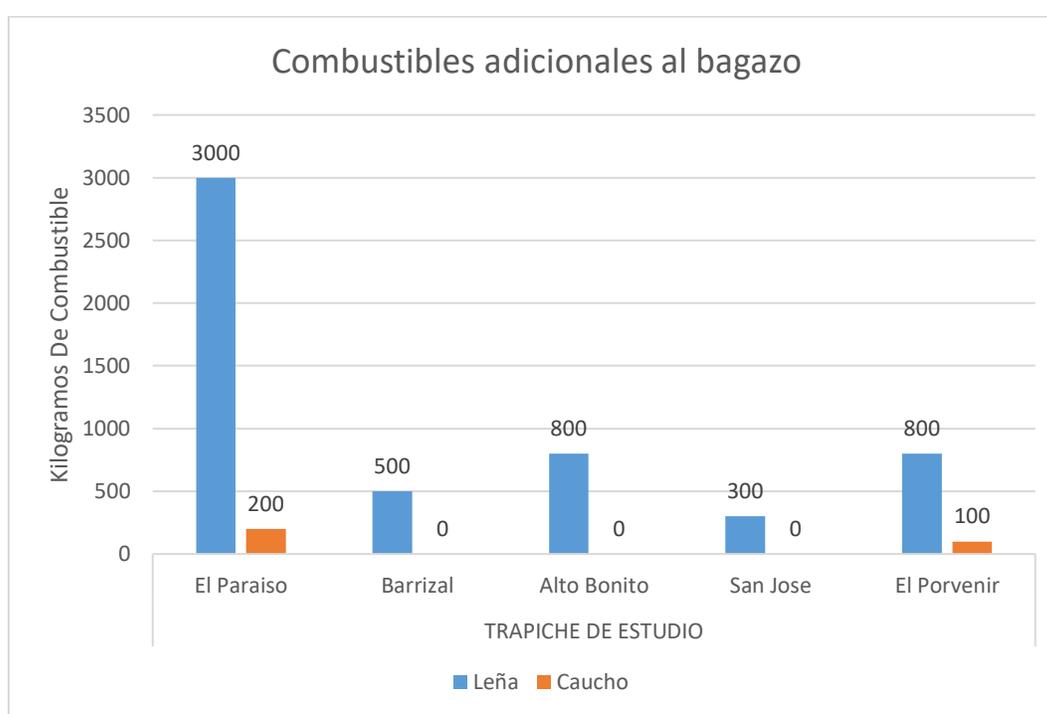
En cuanto a la relación de caña panela, la gráfica permite visualizar la cantidad de caña cosechada y los rendimientos en panela producida, en esta relación identificamos como los trapiches Alto bonito, San José y El porvenir están en rangos de eficiencia con relaciones iguales o mejores que el 10 a 1 (10 partes de caña por 1 de panela) mientras que los trapiches Barrizal y El Paraíso requieren mayor cantidad de caña para un kilogramo de panela. Las variables que determinan la producción están relacionadas por factores que inciden en la obtención de la caña y posterior proceso extracción del jugo (tipo y calidad del molino), las condiciones edafoclimáticas, labores culturales, la variedad, la disponibilidad de agua para

riego y el año de producción que determina la madures de la caña de azúcar. Aunque los suelos varían de un lugar a otro, se puede decir que los suelos de la zona de estudio son suelos derivados de cenizas volcánicas. Según (Lizcano *et al.*, 2006), estos suelos se extienden desde el Eje Cafetero (departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Quindío) en el centro del país, hasta los departamentos de Tolima, Cauca y Nariño hacia el sur oeste del mismo. En regiones del oriente de Colombia, como Bogotá y los Llanos Orientales. Aunque es necesario un análisis de suelos para determinar su composición y fertilidad, y poder concluir que en esta zona es un factor determinante en la diferencia de producción de caña en los 5 trapiches de estudio; no se observa deficiencias nutricionales en la composición de la plantas (hojas, Tallo) de los diferentes cultivos y a su vez las condiciones climáticas no varían significativa de una finca a otra; pero es de suma importancia establecer que las labores culturales del cultivo en cuento a fertilización, control de plagas y enfermedades dan como resultado un mayor rendimiento; permitiéndonos concluir que la relación caña /panela por molienda, está relacionada con el manejo de los cultivos, cuya eficacia de producción de jugo de la caña se ve reflejada en parte en los rendimientos adquiridos en toneladas por hectárea, siendo en realidad el total de panela obtenida por unidad de área. La ventaja de los trapiches que más panela producen se expresa entonces, en lograr buena cantidad de biomasa, lo que se traduce en buen grado de conversión de caña a panela en los trapiches. (Montejo & Rivera, 2002).

Otro aspecto importante a tener en cuenta y tal vez el más relevante es el tipo de motor, el molino y el estado de los rodillos; los cuales son determinantes en el proceso de extracción del jugo. En las fincas Alto bonito, San José y El porvenir donde los rangos de eficiencia son mayores a los de las fincas Barrizal y El Paraíso; se observan diferencias en el estado de los motores de combustión a diésel, al igual que en los molinos; permitiendo que en los procesos de extracción sean más eficientes las tres primeras fincas, que las fincas Barrizal y el Paraíso.

La optimización de esta acción se consigue mediante el ajuste y mantenimiento de los motores y los molinos, sin embargo, subsisten problemas concernientes al desgaste y la falla de los materiales en los ejes de los molinos debido al roce entre piezas y a la presión hidráulica, al mismo tiempo que la corrosión que causan los jugos de la caña de azúcar sobre las piezas metálicas. (Useda & Guzmán, 2016).

**Gráfica 7. Combustibles adicionales al bagazo**



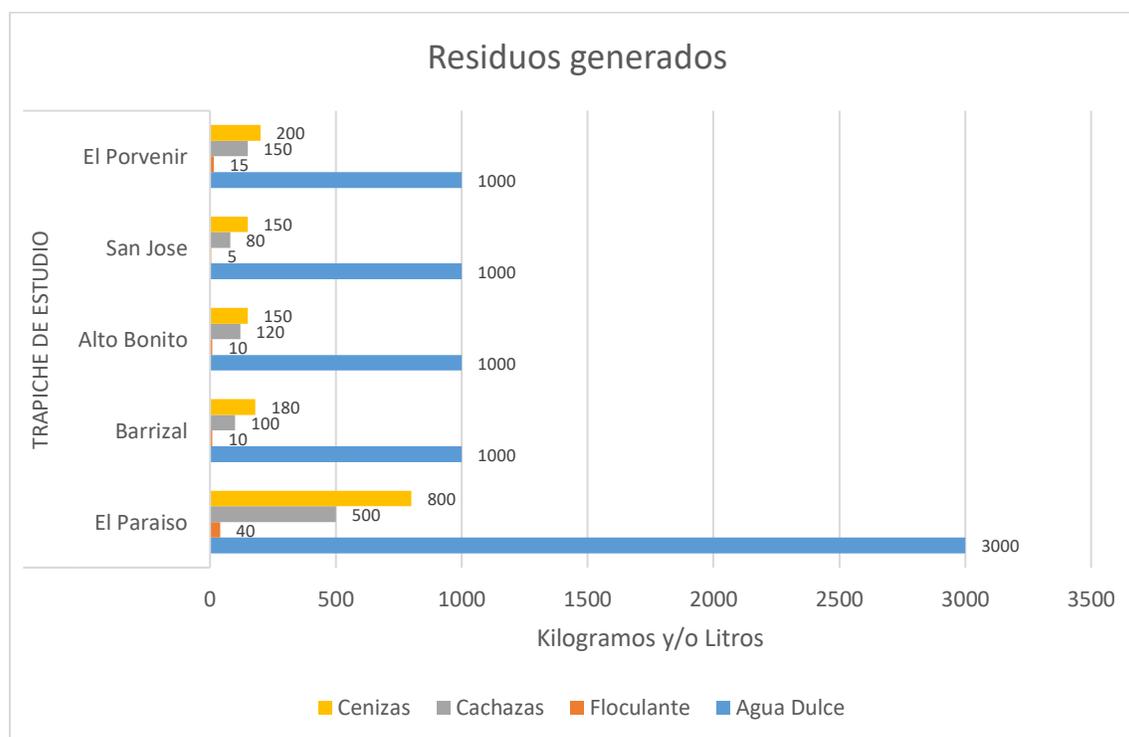
Fuente: Autores

En cuanto a combustible adicional al bagazo encontramos que el 100% de los trapiches objeto, requieren leña como combustible adicional, y el 40 % requiere además el uso de caucho, esta condición da cuenta de la ineficiencia energética de los hornos paneleros, lo cual de acuerdo con la autoridad ambiental CORPOCALDAS y FEDEPANELA en estudio realizado en 2003, es una condición recurrente en la producción panelera del departamento.

A la pérdida de eficiencia energética, se deben agregar eventos de riesgo operacionales ligados a la falta de adhesión a los procesos de producción y a la falta de implementación de nuevas tecnologías; estos eventos ponen en riesgo la salud y la seguridad de los trabajadores que manipulan los molinos, hornos y pailas. La carencia de automatización, monitoreo y control en los procesos operacionales dan paso a un inadecuado uso de los insumos, como el bagazo y leña que abastecen el horno (cámara de combustión). La falta de automatización y de control dificulta la trazabilidad interna de la panela. (Useda & Guzmán, 2016).

Por otra parte, la construcción de los hornos de manera empírica contribuye a la ineficiencia energética, representada en pérdida de calor por transferencia a las paredes del horno, la no aprehensión de calor en la parte interna del ducto de gases y dispersión del calor y los gases expulsados.

### Gráfica 8. Residuos generados



Fuente: Autores

Cachazas y agua dulce expresadas en litros, cenizas y floculante expresados en kilogramos; se observa como las aguas dulces son el residuo de mayor volumen en el proceso y por tanto los de más difícil manejo. La cantidad de residuos generados están estrechamente relacionados con el volumen de producción y la frecuencia de molienda, en los trapiches objeto del estudio, los residuos problema son las aguas dulces y las cenizas, los residuos de floculante son usados como combustible para el horno en la siguiente molienda y las cachazas en su mayoría se usan para alimentación animal.

**Foto 12. Disposición actual aguas dulces trapiche El Paraíso.**



Fuente: Autores

La fotografía 12 permite apreciar el comun denominador en los 5 trapiches de estudio, con canales (zanjas) en tierra que conducen las aguas residuales del trapiche hacia funtes de agua o desagues naturales.

**Foto 13. Cenicero y residuo floculante trapiche El Porvenir.**



Fuente: Autores

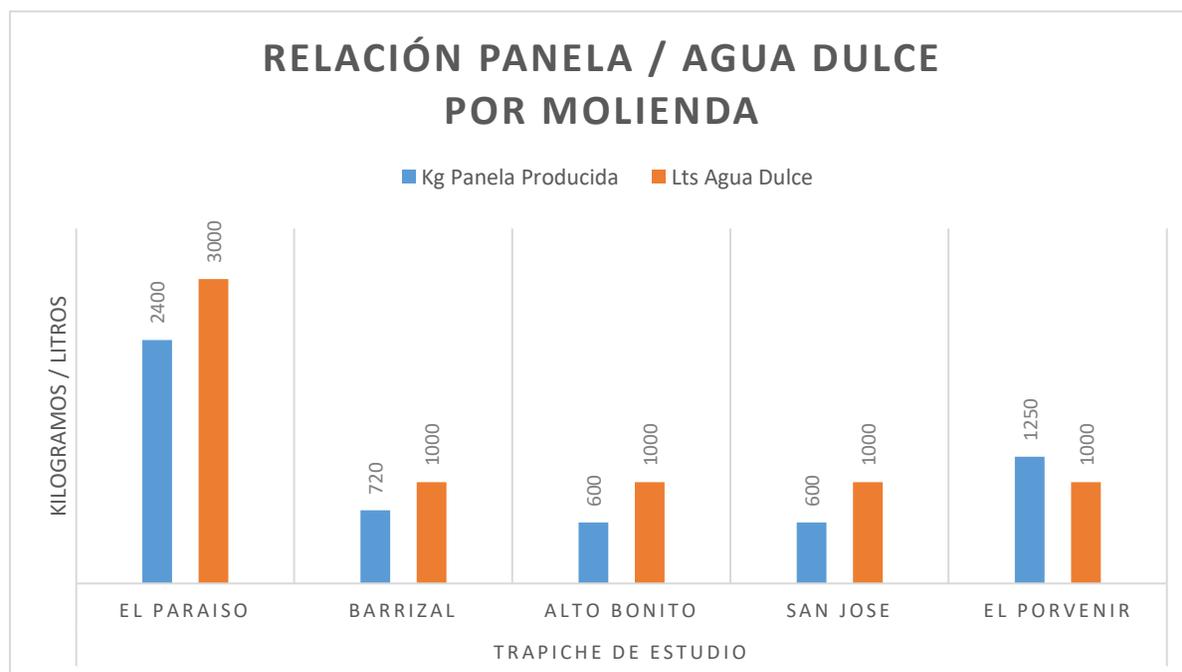
Como se aprecia en la fotografía 13, los residuos del floculante se disponen en el cenicero para ser usado como abono o combustible para el horno.

**Foto 14. Cachazas**



Fuente: Autores

**Gráfica 9. Relación panela / Agua dulce por molienda**

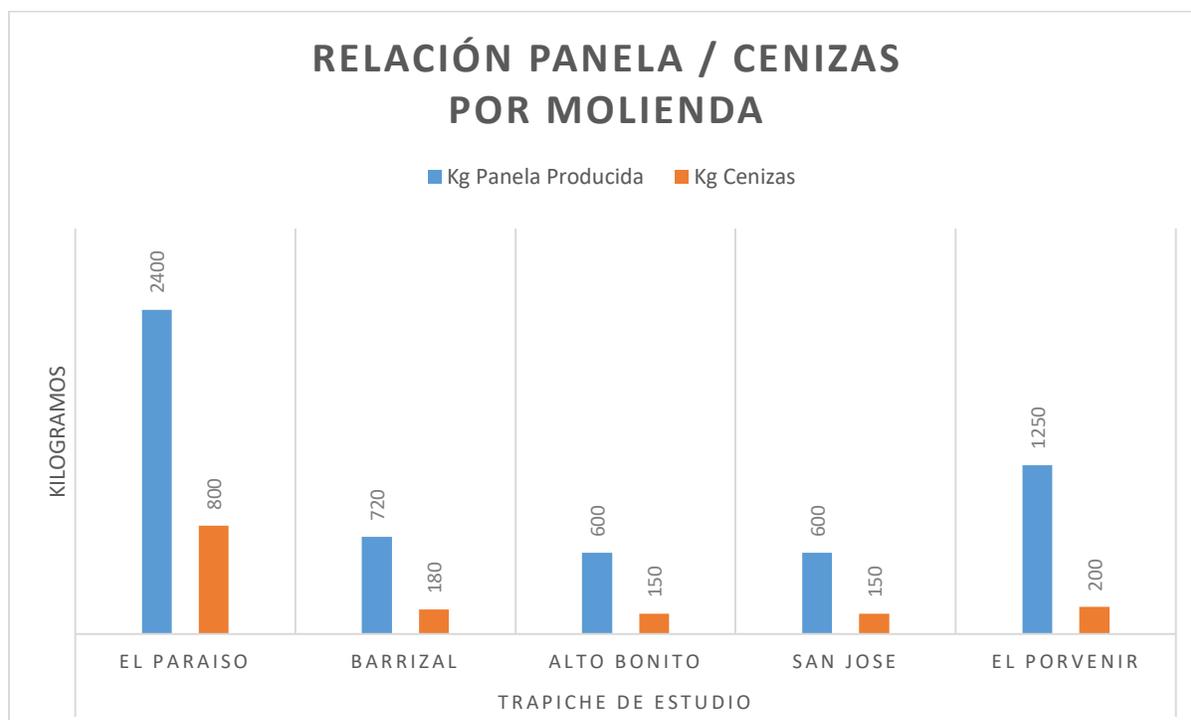


Fuente: Autores

De acuerdo con la gráfica la relación panela – agua dulce generada, solo el trapiche El Porvenir presenta una cantidad mayor de panela producida frente al agua residual, los demás trapiches, requieren relaciones mayores a 1 a 1 en este proceso productivo, esta condición se da por malas prácticas en el uso y ahorro del agua, como ausencia de grifos, flotadores, tapones en tanques, lo cual se evidencia en corrientes permanentes de agua por desagües en la planta de producción. EL agua es un recurso fundamental en el proceso productivo, toda vez que se usa para el aseo general del trapiche antes y después del proceso, actividad que demanda la mayor cantidad del recurso, usando alto volumen en el proceso de enfriado del horno, momento en el que además adquiere la mayor concentración de mieles, por otra parte, el agua es usada para el lavado de gaveras (moldes) y otros utensilios del proceso de moldeo como remellones, batidores, espátulas, mesones y bateas.

Los trapiches objeto de estudio como el 98 % de los trapiches del departamento no cuentan con unidad sanitaria exclusiva, por tanto, las aguas residuales grises no hacen parte directa del proceso productivo.

**Gráfica 10. Relación panela / Cenizas por molienda**



Fuente: Autores

Este residuo está asociado a la calidad de la biomasa utilizada para la combustión y a la eficiencia energética del horno, se puede observar como el trapiche El Porvenir es el que mejores parámetros presenta al obtener 6,2 kilos de panela por kilogramos de ceniza, sin embargo este trapiche utiliza caucho como combustible adicional lo cual le da mayor poder calorífico al horno, en detrimento de la calidad del aire y la utilización posterior de estas cenizas como enmienda para suelos o abonos orgánicos.

### **Análisis de acciones bajo enfoque PML**

Según Fonseca (2017), a finales de los años ochenta y principio de los años noventa, las agencias ambientales en los Estados Unidos y Europa se mostraron de acuerdo dando a conocer que se podía dar un manejo adecuado a las basuras industriales y la contaminación que se generaba en los diferentes procesos de producción, alentando a las industrias a emplear estrategias de prevención que tuviesen un impacto significativo, especialmente al tratamiento de aguas residuales antes de su descarga a los efluentes y la minimización y posterior disposición final de los residuos sólidos.

Los estudios anteriormente realizados demostraron que, en todas aquellas empresas sin obligaciones ambientales; si se hubiesen realizado los procesos con más eficacia y comenzado con la reducción de la contaminación, no se tendrían las grandes cantidades de residuos y tal vez el sometimiento obligatorio a replantear las actividades de sus procesos.

Las personas encargadas de realizar este estudio descubrieron que podían dar las pautas para que todas las empresas interesadas, pudiesen minimizar los costos en su producción haciendo un análisis en sus procesos antes de realizar la disposición final de sus residuos al medio ambiente.

Según el PNUMA (2004), en la iniciativa latinoamericana y caribeña para el desarrollo sostenible ILAC 2004, en los aspectos económicos incluidos la competitividad el comercio y los patrones de consumo; se expuso que una de las metas era proveer de centros de producción más limpia a los países de la región; además reunir esfuerzos con la finalidad de introducir el concepto de “producción limpia” donde se le diera un valor significativo a esta adopción por parte de industrias importantes sin dejar de lado a las pequeñas y medianas empresas.

En la cumbre que se celebró en septiembre de 2002 en el Centro de Convenciones de Sandton, en Johannesburgo (Sudáfrica). Se establecieron objetivos que permitieran crear un

plan de acción; con la finalidad de transformar las prácticas que no permiten un equilibrio sustentable en la producción, dando paso al agotamiento de los recursos naturales. Allí se propone la inversión de programas de PML por medio del apoyo de diferentes sectores de la sociedad, como las empresas y los gobiernos.

En países donde el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente es una estrategia significativa para las políticas ambientales, se estableció que la prevención estaría entre las estrategias que darían paso a que los procesos fuesen más rentables si se permite realizar avances en los métodos y técnicas de producción, de tal forma que se consientan otros manejos enfocados en la reducción de materias primas, su calidad y la minimización de los residuos; permitiendo así obtener más eficiencia siendo esto el único modo de minimizar la contaminación de las industrias. el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) permitió que este término se le diera el nombre de “Producción más Limpia”, o P+L y fomento su práctica, siendo este término aceptado y utilizado en gran cantidad de países incluyendo a Colombia.

La PML se define como la aplicación continua de “una estrategia ambiental preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios” Fonseca (2017), con la finalidad de mitigar y reducir los riesgos a los que pueden ser sometidos el personal de las empresas y su entorno ambiental. Esta estrategia en los 5 trapiches de estudio Alto Bonito, San José, El Porvenir, Barrizal y El Paraíso, se convierte en una alternativa para reducir aquellos impactos tanto ambientales como de producción que se pueden generar en la transformación de los jugos de la caña de azúcar. Allí la Producción Más Limpia debe ser orientada hacia la mitigación y posterior reducción de los impactos negativos que van desde el establecimiento del cultivo, pasando por todos sus ciclos de producción, hasta llegar a la adecuada disposición final de los subproductos. De manera que sea direccionada a ser una estrategia ambiental que

permitirá tener ventajas significativas, si se consideran las perspectivas tradicionales, frente al enfoque actual que tiene en cuenta la prevención, ajuste a las tecnologías y equipos, uso y adecuado manejo de recursos naturales e insumos.

### **Evaluación de actividades con enfoque PML**

La producción más limpia permite garantizar el desarrollo sostenible con el fin de dar paso a la implementación de nuevas tecnologías, que lleve a los productores paneleros a ser más competitivos a través de la gestión ambiental y el cuidado del entorno donde se desarrollan las diferentes actividades de producción. Efectuando la PML se puede llegar a una mayor eficiencia en los diferentes procesos dentro de la organización; de tal manera que se permita el aprovechamiento razonable de los diferentes materiales que intervienen en los procesos de fabricación de la panela, y otros representados en bajo consumo de energía, agua; todos estos enfocados a un uso potencial, de tal forma que se permita la optimización y por ende la conservación ambiental.

La PML puede desarrollarse en los procesos que van desde el establecimiento del cultivo, hasta la producción y posterior manejo de los desechos generados; con la finalidad que estas actividades contribuyan no solo a la mejora continua de las labores, sino que se trace una ruta hacia un uso potencial de los recursos. En la tabla 3 se detalla las aplicaciones de producción más limpia correspondientes a la producción de panela de los trapiches de estudio.

**Tabla 2. Aplicaciones de producción más limpia**

<b>Aplicación</b>	<b>Descripción</b>
Técnicas de producción	Encierra el ahorro y adecuado uso de la materia prima, agua y energía, la disminución de las cantidades de los residuos, la adecuada disposición de los residuos generados.
Productos	Se centra en la disminución de los impactos durante el proceso de producción, hasta la disposición final de los subproductos resultantes de las actividades de transformación.
Servicios	Disminución del impacto ambiental de las actividades y optimización de los recursos hasta la obtención del producto.

Fuente: Autores

Para lograr compilar la información y poder llevar a cabo la formulación de la estrategia PML, se debe tener en cuenta una serie instrumentos y técnicas que permitan analizar y determinar los procesos, la generación de impactos y puntos críticos dentro y fuera de la producción. Estos instrumentos y técnicas que nos permiten obtener esta información son:

**Instrumentos de diagnóstico:** son todos aquellos instrumentos utilizados que nos permiten identificar los puntos críticos, los ciclos de los procesos donde se genera los impactos ya sean ambientales, de productividad y eficiencia en las operaciones.

**Instrumentos y técnicas que permiten la priorización:** Apoyados en los resultados que aportan los instrumentos de diagnóstico, se establecen criterios basados en conocimientos técnico-ambientales, teniendo en cuenta los hallazgos en cuento a

problemas encontrados en los procesos y la visualización de los puntos críticos, de tal forma que sirvan como base para priorizar y dar pronta respuesta a los interrogantes como: causas, impactos que generarían, acciones de mejora.

Para la implementación de las PML en los trapiches estudio, se aplicó como insumo la observación; esta es una técnica de recolección de datos de investigación. Esta fuente se denomina fuente primaria, la cual es aquella en la que los datos provienen directamente de la población o muestra de la población (Torres *et al.*, 2019).

Teniendo en cuenta lo anterior se establecieron prioridades, siendo estas plasmadas en una lista donde se tienen en cuenta como opciones para optimizar y potenciar la eficiencia productiva en los procesos y el cuidado ambiental que corresponde a cada etapa. Estas alternativas se agruparon teniendo en cuenta sus cualidades y su influencia como técnicas de control y manejo para la implementación de las PML en los procesos. A continuación, se describen las alternativas:

**Buenas prácticas de manejo:** Estas son medidas que se relacionan con reducir el consumo de materias primas, reducir la producción de residuos, hacer uso eficiente del agua, energía y dar paso a la implementación de actividades que permitan la eficiencia y posterior mejoramiento de los procesos de la empresa. (Suárez, 2019). Llevar a cabo estas prácticas no requieren de mucho esfuerzo, suelen ser económicas y de gran importancia dentro la producción en los trapiches. Además, estas acciones se pueden establecer como objetivos que permitan la aplicación de técnicas de manejo de los residuos o subproductos que se generan en los trapiches, el mejoramiento continuo de la empresa y la seguridad y bienestar de los trabajadores y el consumidor.

La adopción de las buenas prácticas de manejo en los 5 trapiches de estudio aportaría alternativas de solución al reducir el consumo de materias primas y otras como los

combustibles adicionales al bagazo; es necesario en los trapiches el Paraíso y el Porvenir ahondar en esfuerzos en la reducción de material de combustión, de tal forma que se reduzca la contaminación por subproductos como la ceniza. De igual manera es importante en todos los trapiches de la zona de estudio, promover el mantenimiento en la red hídrica y eléctrica con la finalidad de garantizar la optimización de los recursos.

**Reemplazo de insumos y materias primas:** Se trata de sustituir los insumos y materiales que intervienen en los procesos, los cuales emiten cargas contaminantes al medio ambiente; por otros insumos y materiales que sean menos contaminantes y de esta manera se mejore las condiciones de producción, almacenamiento, la seguridad y salud en el trabajo y se de paso al cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

Los trapiches el Porvenir y el Paraíso ameritan un cambio significativo en el material de combustión, de manera que los insumos para tal fin no estén acompañados de otros materiales diferentes a los contenidos en el bagazo de la caña, guadua y la zoca de café. Esta técnica de reemplazo de insumos daría paso a la no quema de caucho que contienen químicos lo que harían más dificultoso la correcta disposición final de este subproducto.

**Ajustes en los procedimientos:** Esta alternativa pretende reducir el tiempo de producción potenciando las labores de manera que sean más eficientes, consintiendo de esta forma la reducción de subproductos contaminantes, sin que se dé una disminución en la producción.

Se hace necesario en los 5 trapiches de estudio hacer ajustes en los niveles de producción, teniendo en cuenta los recursos existentes; al igual que un adecuado diseño en los pasos a seguir en las operaciones internas, de manera que se coordine las actividades involucradas en los procesos y se permita la optimización de las mismas, consintiendo ahorros en costos y tiempo.

Ajustes a las tecnologías: consiente el mantenimiento y cambio de equipos, maquinaria y elementos que intervienen en la producción, que por su mal estado presentan disminución en la eficiencia ambiental, rentabilidad en los procesos y baja productividad; todo esto con el objetivo de obtener la mayor cantidad del producto, ahorrar en insumos y energía, dando paso a disminuir las cargas contaminantes y/o subproductos que se generan en la obtención de panela.

Esto se lograría a través del desarrollo y posterior utilización de técnicas que consientan de manera eficaz la optimización de los recursos ambientales, equipos e insumos utilizados. Es pertinente que se mejore en la falta de funcionalidad de los equipos y las instalaciones, de forma que se realice una adopción de tecnologías o se efectúen ajustes y mantenimientos a las ya adoptadas, dando paso a la eficiencia ambiental, rentabilidad en los procesos y mayor productividad

Según Suárez (2019), las alternativas de producción más limpia por lo habitual se desarrollan de manera progresiva y aumentan según la eficacia de los procesos, comenzando por las alternativas que presenta menos complejidad; para el caso de los trapiches se enfoca en adoptar las buenas prácticas de manejo, esta alternativa puede llegar a reducir entre un 40 y 50 % la cantidad de subproductos, esto se alcanza llevando a cabo cambios en las operaciones.

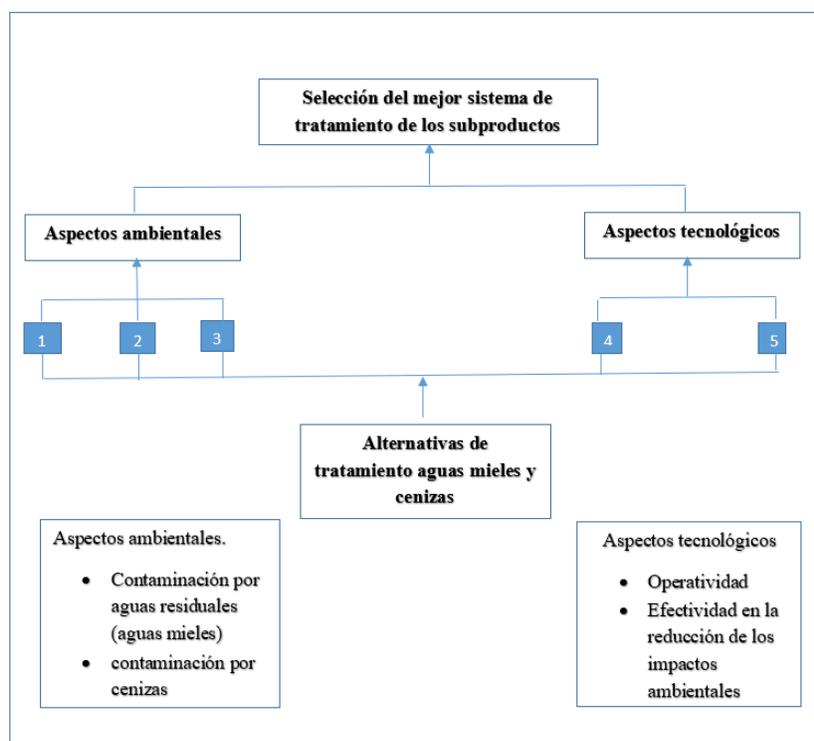
La implementación de la producción más limpia en los 5 trapiches paneleros de estudio trae consigo los siguientes beneficios:

1. Optimizar recursos dando paso al uso potencial de los mismo.
2. Mejora en la operatividad.
3. Calidad en los productos debido al adecuado manejo y control de las operaciones.
4. Reducción y adecuada disposición final de los subproductos (Aguas Mieles, Cenizas).

5. Estar bajo los niveles máximos permisibles de contaminación establecidos por la normatividad para el sector panelero.
6. Promueve la seguridad y salud en el trabajo.
7. Protege el medio ambiente, permitiendo la prevención de los factores de deterioro ambiental.
8. Promueve el desarrollo sostenible.

En la gráfica No 11 Se observan los pasos que permiten seleccionar la mejor alternativa de tratamiento para los subproductos problema; teniendo en cuenta las actividades con enfoque PML que dieron paso a su clasificación. Esta evaluación de actividades se desarrolló con la ayuda de información recolectada en campo e información secundaria obtenida de fuentes de Fedepanela. (Fedepanela, 2018)

**Gráfica 11. Metodología selección de alternativas de manejo**



Fuente: Autores

Teniendo en cuenta los criterios de clasificación de las actividades en cuanto a los impactos que se generan en la transformación de la caña de azúcar ya sean positivos o negativos; se determinaron valores con base a una escala de 1 a 3, como se presenta a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 3. Escala de valoración**

<b>Escala de valoración evaluación de actividades con enfoque PML.</b>	
<b>Valoración</b>	<b>Evaluación</b>
1	No se evidencia un impacto significativo. La actividad no genera condiciones negativas a los ecosistemas circundantes.
2	Se generan impactos ambientales moderados. Las actividades no causan efectos significativos que afectan el entorno.
3	Se originan impactos ambientales. Las actividades generan contaminación que afecta significativamente el entorno.

Los aspectos ambientales a evaluar para cada actividad según el requerimiento para su tratamiento se describen a continuación:

**Tabla 4. Aspectos ambientales para evaluar**

<b>Aspectos ambientales</b>
Las variables que se presentan a continuación tienen como objetivo evaluar el impacto de las actividades que conlleva el proceso productivo de transformación de la caña de azúcar; teniendo en cuenta que dichos aspectos para el presente trabajo están representados en contaminación de los ecosistemas loticos y el Suelo.

<b>Aspectos ambientales para evaluar</b>	<b>Descripción</b>
Contaminación por aguas residuales (aguas mieles)	Se evalúa teniendo en cuenta la cantidad de aguas mieles que se generan y la frecuencia de descarga a los efluentes vecinos y suelos cultivables pertenecientes a los trapiches
Contaminación por cenizas	Se evalúa teniendo en cuenta la cantidad y el tipo de combustible utilizado en los hornos; al igual que la disposición final de las cenizas resultantes de la combustión.

Fuente: Autores

La evaluación de actividades con enfoque PML para los tratamientos de aguas mieles y cenizas en los 5 trapiches de la zona de influencia de la vereda Aguacatal del municipio de Neira caldas, se presentan en las siguientes tablas.

**Tabla 5. Aspectos tecnológicos para evaluar**

<b>Aspectos tecnológicos</b>	
Las características de las propuestas para el manejo adecuado de los subproductos problema, permiten establecer el tipo de tecnología, su potencial, ventajas y desventajas. Estas serán evaluadas teniendo en cuenta: su operatividad y la efectividad en la reducción de los impactos	
<b>Aspecto tecnológico para evaluar</b>	<b>Descripción</b>

Operatividad	Se evalúa teniendo en cuenta la simplicidad en la operación y mantenimiento de cada tecnología.
Efectividad en la reducción de los impactos ambientales	Este aspecto se puede considerar teniendo en cuenta su facilidad en el manejo. Puede dársele un valor de acuerdo con los porcentajes de dispersión o aplicación a los cultivos pertenecientes a cada trapiche. Es importante aclarar que entre menor sea el tiempo de tratamiento y efectividad de este se podrá llevar a cabo una mayor evacuación del subproducto problema.

Fuente: Autores

**Tabla 6. Matriz de resultados para selección de tratamientos de aguas mieles.**

Tecnología		Fertirriego	Activación de microorganismos (compostaje)	Alimentación animal	Pozo séptico
Aspectos ambientales	Contaminación por aguas residuales (aguas mieles)	2	2	2	2
Aspectos tecnológicos	Operatividad	5	4	4	5

	Efectividad en la reducción de los impactos ambientales	5	4	4	5
	Total	12	10	10	12

Fuente: Autores

**Tabla 7. Matriz de resultados para selección de tratamientos de cenizas**

Tecnología		Compostaje pulpa de café y cenizas	Disposición directa a los cultivos como enmienda (regulación de PH)
Aspectos ambientales	Contaminación por cenizas	2	2
Aspectos tecnológicos	Operatividad	4	4
	Efectividad en la reducción de los impactos ambientales	4	5
	Total	10	11

Fuente: Autores

El Tratamientos más recomendado que obtuvo una calificación de 12 puntos corresponde a fertirriego; teniendo en cuenta que es una alternativa que no afecta directamente las fuentes de agua (Efluentes), al no permitir las descargas directas. Este proceso aporta por su composición nutrientes como el potasio necesario para el cultivo de caña que es absorbido

por flujo de agua que se mueve hacia las raíces (flujo de masas) y por movimiento a través del film húmedo por diferencias de convección (difusión), fortaleciendo las paredes de los tejidos de la planta hasta las raíces (Coronel, 2003). A su vez dicho proceso permite una evacuación de las aguas mieles de manera adecuada y en grandes proporciones; además podría ser de gran ayuda en épocas de verano. Su operatividad se ve reflejada en la simplicidad al momento de la ejecución de las labores de riego y manejo del recurso tecnológico.

Otra de las alternativas que obtuvo una de las calificaciones más altas con 12 puntos igualando al fertirriego es el pozo séptico. Este sistema de tratamiento de aguas residuales permite la recolección de las aguas mieles a través de tuberías que dan acceso a un tanque colector tricompartido, en el cual se lleva a cabo la descomposición de las mieles y material orgánico proveniente del proceso de molienda. Esta alternativa de manejo se realiza a través de procesos donde las bacterias anaerobias hacen degradación; se llevan a cabo en ausencia de oxígeno (O<sub>2</sub>). Los microorganismos trabajan en serie o grupo para degradar la materia orgánica a través de etapas sucesivas. (Corrales *et al.*, 2015). Aunque en la evaluación con enfoque PML es una de las más viables según su calificación; es importante tener en cuenta que, para dar paso al adecuado funcionamiento del pozo séptico, debería tenerse en cuenta la cantidad de descarga de aguas residuales provenientes de las moliendas de los trapiches y el tamaño de las cámaras; con el fin de permitir el proceso de degradación anaerobia según el tiempo de retención requerido para las aguas residuales. Es importante resaltar que en los procesos de molienda se generan grandes cantidades de aguas mieles lo que daría paso a la pronta saturación del pozo séptico.

De igual manera la actividad con enfoque PML para el manejo del subproducto problema cenizas que obtuvo la calificación más alta con 11 puntos es la disposición directa; se hace claridad que es importante tener en cuenta la calidad de la ceniza, las cuales no deben

de estar acompañada de otros residuos como el caucho, ya que permitiría la acidificación de los suelos por sus componentes. Es importante también que esta aplicación esté acompañada de un análisis de suelos, ya que su pretensión es la regulación del PH Y el mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, lo que permite que este subproducto sea notablemente una alternativa de gran potencial para el mejoramiento de estos. (Bellote *et al.*, 1995).

La segunda actividad con enfoque PML para manejo de las cenizas con una calificación de 11 puntos, es el compostaje utilizando como base la pulpa de café; si se tiene en cuenta que la mayoría de los propietarios de los trapiches tienen entre otros este cultivo. Es significativo aclarar que, aunque el tratamiento propuesto amerita un tiempo en su manejo; su efectividad al momento de ser incorporado aporta nutrientes mayores y menores esenciales para el desarrollo del metabolismo de las plantas.

## **Propuesta de alternativas para el manejo de subproductos**

De acuerdo con el diagnóstico y la evaluación de actividades con enfoque PML, los residuos problema de la producción panelera realizada por pequeños productores en la vereda Aguacatal del municipio de Neira Caldas son las aguas mieles o dulces y las cenizas, dado que son los residuos de mayor volumen y por tanto de más difícil manejo; esta misma evaluación de alternativas mediante matriz de calificación otorga como tratamientos y/o manejos viables el uso del agua dulce como fertirriego y el uso de las cenizas como enmienda reguladora de pH aplicada directamente al suelo.

## **Manejo de aguas dulces como fertirriego**

La actividad panelera tiene grandes retos en cuanto a uso eficiente del recurso hídrico, actividad que además está regulada en la ley 373 de 1997, en este sentido se plantea una alternativa que privilegie la fácil adopción y de gran utilidad por parte de los productores paneleros para la cual se requiere desde el enfoque PML, incorporar buenas prácticas de uso y ahorro de agua desde la captación, conducción y usanza, de manera que se reduzca la relación agua / panela producida a niveles donde el volumen de agua requerida sea inferior al volumen de panela, tal y como lo refleja el trapiche El Porvenir, en el cual la relación agua / panela es de 0,8 litros de agua por kilogramos de panela producido, situación que contrasta con trapiches como San José y Alto Bonito donde la relación alcanza los 1,6 litros de agua por kilogramos de panela producido, seguidamente los trapiches deben adecuar su infraestructura en pisos pavimentados con desniveles que permitan conducir las aguas mieles hacia un tanque recolector de igual o mayor capacidad al tanque dispuesto para acopiar el agua a utilizar en el proceso de molienda, esta adecuación de pisos además les permitirá avanzar en el



## Manejo de cenizas como enmienda

El manejo de las cenizas resultantes en la combustión realizada en el horno panelero para la evaporación del agua y concentración de las mieles, requiere en todo caso evaluar la eficiencia energética del sistema, de manera que se corrijan fallas que conlleven al uso de combustible adicional como leña o caucho; tal como se planteó en la evaluación de alternativas con enfoque PML, las cenizas que contengan residuos de caucho producto de la combustión de llantas o similares no pueden ser usadas como enmienda en los suelos, toda vez que se lograra el efecto contrario acidificando el pH en el suelo. Hecha esta claridad la alternativa de manejo requiere evaluar los tipos de combustible utilizados en el horno panelero en cada unidad productiva donde se desee implementar, el porcentaje de extracción del molino con el objeto de ajustar niveles a extracción igual o superior al 60% lo cual permitirá no solo obtener bagazo más seco para disminuir el tiempo de secado y así tener combustible disponible sino que además mejorará los ingresos del agricultor al obtener mayor volumen de jugo de caña y por tanto más panela.

De acuerdo con Fedepanela (2018), el 80% de los hornos paneleros del país presentan ineficiencia energética producto de errores de diseño y materiales que permiten la fuga de calor, esta ineficiencia se traduce en mayor consumo de bagazo lo cual encadena el uso de combustible adicional como leña y en el peor escenario caucho.

### Foto 15. Caucho y leña como combustible



Fuente: Fedepanela, (2006)

La totalidad de los trapiches objeto de estudio presentan ineficiencia energética en sus hornos teniendo que recurrir a altas cantidades de leña como combustible adicional, además los trapiches El Porvenir y El Paraíso requieren usar caucho para mejorar el poder calorífico de sus hornos, por tanto el primer paso para la implementación de una alternativa de manejo con enfoque PML es realizar las adecuaciones en la infraestructura del horno para mejorar su eficiencia, tales como entrada de aire por el cárcamo, recubrir el camino del horno con ladrillo refractario, ajustar la altura y área de la chimenea para regular el tiro, esta acción complementando el mantenimiento de equipos de extracción con rayado y ajuste de masas en el molino para aumentar el volumen de jugo de caña y obtener un bagazo más deshidratado, es pertinente evaluar los espacios en la parrilla del ahogador del horno para garantizar que el nuevo tamaño del bagazo logre hacer la combustión completa en la cámara, al tiempo que se mejora la extracción, se pueden adaptar modificaciones en la zona de bagacera para mejorar el secado en cuanto a tiempo y calidad.

**Foto 16. Bagacera trapiche Alto Bonito**



Fuente: Autores

Con estas actividades (Molino, horno y bagacera) el productor de panela lograra evitar por completo el uso de caucho y disminuir en alto porcentaje el uso de leña como combustibles adicionales, lo cual se traduce en la obtención de un subproducto (Ceniza) apto para ser usado como enmienda en los cultivos de caña y otros.

**Foto 17. Combustión solo bagazo trapiche Barrizal**



Fuente: Autores

## Conclusiones

- La producción panelera realizada en la zona de estudio carece de aplicación y adopción tecnológica que permita su eficiencia económica, energética y ambiental, con procesos que demandan alto caudal de agua y sin manejo posconsumo.
- El 100 % de los trapiches objeto de estudio, presentan ineficiencia energética en sus hornos, obligando a los productores al uso de combustible adicional al bagazo como lo es la leña y el caucho, condición de alto impacto ambiental por tala y por emisiones atmosféricas.
- Los trapiches participantes del proyecto aplicado encajan en la definición que la ley 2005 de 2019 como trapiches de economía campesina familiar, por su capacidad instalada de molienda en términos de caña por hora y en la frecuencia y volumen de molienda.
- La producción de panela con enfoque de producción más limpia es un ejercicio ambiental que puede ser adoptado por los productores de los trapiches involucrados en el presente estudio, sin incurrir en altos costos de adaptación de su infraestructura.

### **Recomendaciones**

- Implementar el programa de uso eficiente y ahorro de agua contenido en la ley 737 de 1997 en el 100 % de los trapiches objeto de estudio, con acciones como mantenimiento de tomas, aducciones, tanques de almacenamiento, grifos y flotadores.
- Adoptar acciones que conduzcan a eliminar el uso de caucho como combustible adicional en lo trapiches El Porvenir y El Paraíso, tales como adecuaciones de horno con materiales refractarios, mejoras en procesos de extracción de jugo y secado de bagazo.
- Hacer uso de las aguas dulces producto del lavado de gaveras, utensilios y equipos de molienda como riego para cultivos en lugar de verterlas a fuentes de agua.
- Utilizar las cenizas producto de la combustión en el horno panelero como insumo para el mejoramiento y acondicionamiento de suelos, obteniendo correcciones de pH y devolviendo al cultivo nutrientes que este extrae en el proceso de producción de caña.

## Bibliografía

- Benalcázar Alemán, T. A. (2015). *Estudio de prefactibilidad para instalar una empresa panelera en la parroquia de Santa Catalina de Salinas provincia de Imbabura* (Bachelor's thesis). Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/4079/1/03%20EIA%20363%20TESIS.pdf>
- Bermúdez Jaenz, K. J., & Collado, D. D. L. A. (2019). *Impacto Ambiental de la Producción de Panela Estudio de Caso Municipio Santa Teresa, Carazo 2017-2018* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua). <http://repositorio.unan.edu.ni/10649/1/11527.pdf>
- Bustos Flores, C. (2009). La producción artesanal. *Visión gerencial*, 1, 37-52. Recuperado de <file:///D:/Desktop/trabajo%20aplicado%20de%20grado%20Andres%20Y%20cristian/828-3284-1-PB%20produccion%20artesanal.pdf>
- Cadauid, G. O. (2007). En *La Producción De Caña Y Panela*. Recuperado de [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18313/43120\\_50541.pdf?sequence=1](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/18313/43120_50541.pdf?sequence=1)
- Camargo Macedo, P., Pereira, A. M., Akasaki, J. L., Fioriti, C. F., Payá, J., & Pinheiro, J. L. (2014). Rendimiento de morteros producidos con la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar. *Revista ingeniería de construcción*, 29(2), 187-199. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732014000200005&script=sci\\_arttext&lng=n](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732014000200005&script=sci_arttext&lng=n)
- Caicedo Velasco, D. M., Rivera, S., & Cristina, I. (2011). Estandarización de una fórmula de aglutinante natural extraído de la planta cadillo (*Triumfetta láppulal*) para emplearse como clarificante en la producción de panela. Recuperado de

[http://45.5.172.45/bitstream/10819/1346/1/Estandarizacion\\_Aglutinante\\_panela\\_Caicedo\\_2011.pdf](http://45.5.172.45/bitstream/10819/1346/1/Estandarizacion_Aglutinante_panela_Caicedo_2011.pdf)

Castro, J. A. O., Huertas, I., García, J. C. F., Kalenatic, D., & Cadena, K. (2011). Potencial de producción de bioetanol a partir de caña panelera: dinámica entre contaminación, seguridad alimentaria y uso del suelo. *Ingeniería*, 16(1), 6-26. Recuperado de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/3689/5294>

Domenech-López, F., Lorenzo-Acosta, Y., Lorenzo-Izquierdo, M., & Esquivel-Baró, L. (2011). Diagnóstico preliminar de las emisiones gaseosas en la industria de los derivados de la caña de azúcar. *ICIDCA. Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 45(3), 30-37. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223122261005.pdf>

Fedepanela (2020) *Sistema de información panelero SIPA*

<http://www.sipa.org.co/wp/index.php/2019/12/23/mapas-interactivos-de-areas-y-rendimientos-departamentos-paneleros-2019/>

Fedepanela <https://fedepanela.org.co/gremio/normatividad/sanitarias/>

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española* (Edición 23 Actualización 2018). Consultado en <https://www.rae.es/>

Fedepanela. (noviembre de 2015). *NOTA DE INFORMACIÓN DE LA NAMA (NINO)*

*RECONVERSIÓN PRODUCTIVA Y TECNOLÓGICA DEL SUBSECTOR PANELERO.*

Bogotá.D.C. Recuperado de

<file:///D:/Desktop/trabajo%20aplicado%20de%20grado%20Andres%20Y%20cristian/NINO%20PANELA%20VFINAL.pdf>

Galvez, P. A. (2016). *Análisis de Situación de Salud con el Modelo de los Determinantes*

*Sociales de Salud del Municipio de Neira, Caldas 2016*. Recuperado el 28 de oct de 2018,

de <http://observatorio.saluddecaldas.gov.co/desca/asis/2016/asis-municipal-2016-Neira.pdf>

García, M. C. (2004). *Hornillas paneleras evaluación de su impacto ambiental*. *Revista Innovación y Cambio Tecnológico*, 4, 20-32. Recuperado de <http://www.panelamonitor.org/media/docrepo/document/files/hornillas-paneleras-evaluacion-de-su-impacto-ambiental.pdf>

González Rivera, J. E. (2013). *Elaboración de un estudio para el mejoramiento industrial y socioeconómico en la central panelera de la Parroquia Teniente Hugo Ortiz, de la Asociación de Cañicultores de la Provincia de Pastaza* (Bachelor's thesis). Recuperado de <http://192.188.46.193/bitstream/123456789/8557/1/MAI%2003.pdf>

Huertas, R., Marcos, C., Iburguren, N., & Ordás, S. (2013). *Guía práctica para la depuración de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Duero River Basin*. Recuperado de [https://scholar.google.es/scholar?cluster=10097937878864491367&hl=es&as\\_sdt=2005&sciodt=0,5](https://scholar.google.es/scholar?cluster=10097937878864491367&hl=es&as_sdt=2005&sciodt=0,5)

Pedraza, D. F. (2003). Seguridad alimentaria familiar. *Revista salud pública y nutrición*, 4(2). Recuperado de <https://www.medigraphic.com/cgibin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=23011>

Ordoñez-Díaz, M. M., & Rueda-Quiñónez, L. V. (2017). Evaluación de los impactos socioambientales asociados a la producción de panela en Santander (Colombia). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 379-396. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n2/0122-8706-ccta-18-02-00379.pdf>

Restrepo, C. (2007). Historia de la panela colombiana, su elaboración y propiedades. *Historia de la Cocina y la Gastronomía*. ONG Grupo de Gastronautas. Recuperado de

<http://www.panellamonitor.org/media/docrepo/document/files/historia-de-la-panela-colombiana-su-elaboracion-y-propiedades.pdf>

Restrepo Salas, M. (2013). *Empaque para comercialización de la panela redonda tipo exportación hacia los Estados Unidos*. Recuperado de

<http://repositorio.ucp.edu.co/bitstream/10785/1696/2/CDMDI336.pdf>

Santamaría Chipana, H. R. (2012). *Evaluación mediante indicadores productivos y energéticos de tres módulos de producción de panela granulada*. Recuperado de

<https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/1302>

Síntesis de la importancia del Potasio en el suelo y plantas. *La Granja*, 2(1), 23-24. Recuperado de <file:///C:/Users/Asus/Downloads/1178-Article%20Text-2985-1-10-20160401.pdf>

Suárez Guevara, I. C. (2019). *Estrategias para la producción más limpia en el sector de cacao y caña panelera en el Valle del Cauca bajo el marco del Plan Nacional de Negocios Verdes en Colombia* (Bachelor's thesis, Universidad Autónoma de Occidente). Recuperado de

<http://red.uao.edu.co/handle/10614/11611>

Toledo, E., Cabrera, J. A., Leyva, A., & Pohlan, H. A. (2008). Estimación de la producción de residuos agrícolas en agroecosistemas de caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 17-21. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362008000300003&script=sci_arttext&tlng=pt)

[59362008000300003&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362008000300003&script=sci_arttext&tlng=pt)

Torres, M., Salazar, F. G., & Paz, K. (2019). *Métodos de recolección de datos para una investigación*. Recuperado de

<http://148.202.167.116:8080/jspui/bitstream/123456789/2817/1/M%c3%a9todos%20de%20recolecci%c3%b3n%20de%20datos%20para%20una%20investigaci%c3%b3n.pdf>

Useda, M. E. G., & Guzmán, J. D. E. (2016). *Eficiencia técnica de la producción de panela*. *Revista de Tecnología*, 14(1). Recuperado de <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/1853>

## Anexos

### Instrumento Captura Información



Formato Captura Información  
Proyecto Aplicado Cod 16070080 - 9859978  
ECAPMA – CEAD Dosquebradas

#### Formato De Captura Información

Datos Generales:			
Productor	_____		
Departamento	_____	Municipio	_____ Vereda _____
Nombre del predio	_____		
Área Finca Ha	_____	Área en Caña	_____
Coordenadas X	_____	Y	_____ ASNM _____
Tipo de motor	ACPM _____	Eléctrico	_____ Gasolina _____ Pelton _____

Proceso Molienda:			
Frecuencia de Molienda:	Semanal _____	Quincenal _____	Mensual _____ Otra _____
Volumen promedio caña aprontada por molienda	_____		
Volumen promedio paneta producida por molienda	_____		
Hora de inicio molino	_____	Hora de inicio horno	_____
Hora final molino	_____	Hora final horno	_____

Descripción de Infraestructura	Área (m <sup>2</sup> )
Zona de vivienda	
Zona de motor, molino, preimpladores y pozuelo	
Zona de horno	
Zona de moldeo y empaque	
Zona de bodega	
zona de bagacera	
Zona de cocina	
Zona de comedor	
Zona de alojamientos	
Zona de oficinas	
Unidad sanitaria	

Estrategias para el manejo de subproductos derivados de la producción de paneta bajo un enfoque de Producción Más Limpia en la vereda Aguacatal municipio Neira Caldas.



Separaciones entre áreas de trapiches	Sí	No	Material	Estado		
				Buena	Regular	Malas
Zona de apronte y zona de molienda						
Zona de molienda y zona de proceso						
Zona de proceso y zona de batido y moldeo						
Zona de proceso y bagacera						
Zona de batido y moldeo y bagacera						
Otras zonas (escribalas debajo)						

Aspectos legales COMPONENTE AIRE	
Posee permiso de emisiones	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Entidad que la otorgó	_____
Fecha de otorgamiento	_____
No. de resolución	_____
Vigencia	_____
Aspectos legales COMPONENTE AGUA	
Posee concesión de aguas	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Entidad que la otorgó	_____
Fecha de otorgamiento	_____
No. de resolución	_____
Vigencia	_____
Caudal asignado	_____
Uso	_____
Aspectos legales RESIDUOS LIQUIDOS	
Posee permiso de vertimientos	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Entidad que la otorgó	_____
Fecha de otorgamiento	_____
No. de resolución	_____
Vigencia	_____
Aspectos legales RESIDUOS SÓLIDOS	
Realiza manejo de residuos sólidos?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Tipo de manejo de residuos sólidos:	Almacenamiento <input type="checkbox"/> Recolección <input type="checkbox"/>
Disposición final de residuos sólidos:	Restricción <input type="checkbox"/>
	Clasificación <input type="checkbox"/>
	Otros <input type="checkbox"/> Cuales? _____

Estrategias para el manejo de subproductos derivados de la producción de panela bajo un enfoque de Producción Más Limpia en la vereda Aguacatal municipio Neira Caldas.



Universidad Nacional  
Abierta y a Distancia



Formato Captura Información  
Proyecto Aplicado Cod 16070080 - 9859978  
ECAPMA – CEAD Dosquebradas

### Residuos:

Combustibles y Aceites	
Consumo por molienda combustible motor _____	Frecuencia cambio de aceite _____
Volumen aceite quemado _____	Disposición final aceite quemado _____
Combustible adicional horno Leña _____ Caucho _____	Cantidad kg / molienda _____

Agua:	
Concesión Sí _____ No _____	Tanque Almacenamiento Sí _____ No _____ Capacidad _____
Consumo de agua promedio por molienda _____	Potable _____ Cruda _____
Manejo aguas residuales:	Sistema séptico _____ Vertimiento a fuente de agua _____
	Vertimiento superficial al suelo _____ Otro _____

Floculantes	
Balso _____ Cadillo _____ Guásimo _____	Sintético _____ Otro _____
Cantidad utilizada por molienda _____	
Disposición final de residuos:	_____

Cachazas:	
Manejo de cachazas:	Volumen por molienda _____
Alimentación animal _____	Vertimiento a fuente de agua _____ Vertimiento superficial al suelo _____

Cenizas:	
Manejo de cenizas producto de la combustión en el horno:	Volumen por molienda _____
Abono _____	Vertimiento a fuente de agua _____ Almacenamiento _____ Otro _____

Estrategias para el manejo de subproductos derivados de la producción de panela bajo un enfoque de Producción Más Limpia en la vereda Aguacatal municipio Nelra Caldas.

