

**Determinación de la circularidad de materiales en la producción panelera,  
implementando alternativas sostenibles en la Asociación de Productores  
Paneleros de Nocaima, ASOPROPANOC (Nocaima, Cundinamarca)**

**Lina Marcela Rico Castañeda**

**UNIVERSIDAD ECCI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
BOGOTÁ  
2023**

**DETERMINACIÓN DE LA CIRCULARIDAD DE MATERIALES EN LA  
PRODUCCIÓN PANELERA, IMPLEMENTANDO ALTERNATIVAS  
SOSTENIBLES EN LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES PANELEROS DE  
NOCAIMA, ASOPROPANOC (NOCAIMA, CUNDINAMARCA)**

**LINA MARCELA RICO CASTAÑEDA**

**Proyecto para optar por el título de  
Ingeniería Ambiental**

**Asesor Temático**

**Oscar Leonardo Ortiz Medina**

**Ingeniero Ambiental**

**Magister en Gestión Ambiental**

**Doctor en Gerencia y Políticas Educativas**

**UNIVERSIDAD ECCI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**BOGOTÁ**

**2023**

Nota de aceptación:

.  
. .  
.

Firma del presidente del jurado

.

Firma del jurado

.

Firma del jurado

Bogotá, 15 de mayo de 2023

## **DEDICATORIA**

Dedico la tesis a mi mamá y a mi hermana, pues sin ellas no lo hubiera logrado. Su motivación a diario a lo largo de mi vida no me ha dejado desfallecer.

A el amor por mi carrera, desde el día 1 que decidí escoger la ingeniería como mi vocación, estoy segura de que fue la mejor opción.

## **AGRADECIMIENTOS**

Finalmente, después de un trabajo tan arduo y lleno de dificultades me agradezco primeramente a mí por tanta paciencia y dedicación, por la disciplina y constancia. También le agradezco a mi mamá por darme tanta motivación y fuerza, todas las veces que quise darme por vencida.

A las personas de la asociación, los productores, a los trabajadores ya que sin la orientación de ellos y la información recolectada por la experiencia de ellos en campo no hubiese sido posible el desarrollo de la investigación.

Le quiero agradecer a mi compañera de tesis que por motivos de la vida tuvo que coger otro rumbo de vida, que sin su colaboración y aportes todo pudo fluir de la forma que se dio.

Por último, a mi director de tesis el Ingeniero Oscar Leonardo Ortiz Medina, por aceptarme a realizar el trabajo de grado bajo su dirección, por su apoyo y confianza, así como su gran capacidad de guiar y corregir todas mis ideas y ser un aporte invaluable dentro de este proyecto.

## CONTENIDO

<b>GLOSARIO</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>17</b>
<b>1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>19</b>
1.1 antecedentes del problema	19
1.2 planteamiento del problema	19
1.3 formulación del problema	20
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
<b>3 JUSTIFICACIÓN</b>	<b>22</b>
<b>4 MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>23</b>
4.1 MARCO TEÓRICO	23
4.1.1 Características de la panela	23
4.1.2 Tipos de producción	23
4.1.3 Cadena productiva de la panela	26
4.1.4 Etapas del proceso productivo de la panela	27
4.1.5 Producción de panela a nivel mundial	29
4.1.6 Producción de panela en Colombia	30
4.1.7 Economía Circular	34
4.1.8 Campos de acción de la Economía Circular	35
4.1.9 Manejo de residuos en el proceso de panela	36
4.2 MARCO CONCEPTUAL	41
4.3 MARCO ESPACIAL	42

<b>4.4 MARCO LEGAL</b>	<b>44</b>
<b>5 DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>46</b>
<b>5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>46</b>
<b>5.2 método de investigación</b>	<b>46</b>
<b>5.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>48</b>
<b>5.3.1 Fuentes primarias</b>	<b>48</b>
<b>5.3.2 Fuentes secundarias</b>	<b>48</b>
<b>5.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE</b>	<b>49</b>
<b>5.5 POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>49</b>
<b>6. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL PROCESO</b>	<b>50</b>
<b>6.1 Caracterización de la zona de estudio</b>	<b>50</b>
<b>6.2 Etapas del proceso productivo</b>	<b>53</b>
<b>6.2.1 Corte de caña y apronte de material</b>	<b>53</b>
<b>6.2.2 Molienda para obtención de jugos</b>	<b>54</b>
<b>6.2.3 Filtración</b>	<b>55</b>
<b>6.2.4 Clarificación</b>	<b>55</b>
<b>6.2.5 Calentamiento</b>	<b>56</b>
<b>6.2.6 Concentración</b>	<b>57</b>
<b>6.2.7 Cristalización</b>	<b>58</b>
<b>6.2.8 Moldeo</b>	<b>58</b>
<b>6.3 PRODUCCIÓN ORGANICA</b>	<b>59</b>
<b>6.3.1 Volteo</b>	<b>59</b>
<b>6.3.2 Tamizajes y triturado</b>	<b>59</b>
<b>6.3.3 Derivados</b>	<b>60</b>
<b>6.4 CENTRO DE ACOPIO</b>	<b>61</b>

<b>6.4.1 Zaranda</b>	<b>61</b>
<b>6.4.2 Rodillo moledor</b>	<b>62</b>
<b>6.4.3 Empacadora sachet</b>	<b>63</b>
<b>6.4.4 Horno</b>	<b>65</b>
<b>6.4.5 Selladora de calor 1</b>	<b>66</b>
<b>6.4.6 Selladora al vacio/Banda transportadora</b>	<b>66</b>
<b>6.4.7 Selladora de calor 2</b>	<b>67</b>
<b>6.4.8 Balanza</b>	<b>67</b>
<b>6.4.9 Etiquetadora/Loteadora</b>	<b>69</b>
<b>6.5 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN EL PROCESO</b>	<b>69</b>
<b>6.5.1 Contenido teorico de la matriz de aspectos e impactos</b>	<b>70</b>
<b>6.5.2 Evaluación y valorización de la matriz</b>	<b>72</b>
<b>6.6 ANALISIS DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES</b>	<b>76</b>
<b>6.6.1 Aspectos positivos</b>	<b>76</b>
<b>6.6.2 Aspectos negativos</b>	<b>77</b>
<b>6.7 RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO</b>	<b>78</b>
<b>7. ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE PARA MINIMIZAR IMPACTOS Y REDUCIR RECURSO NATURALES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PANELA</b>	<b>81</b>
<b>7.1 Ajustes en el proceso tecnologico y mejoras</b>	<b>86</b>
<b>7.1.1 Cogeneración</b>	<b>86</b>
<b>7.1.2 Evaporador Multiple efecto</b>	<b>89</b>
<b>7.1.3 Filtros de mangas</b>	<b>90</b>
<b>7.2 DIAGRAMAS Y BALANCES EN EL PROCESO DE PANELA</b>	<b>92</b>
<b>7.2.1 Balances de masa</b>	<b>94</b>
<b>7.3 RESIDUOS GENERADOS EN EL PROCESO</b>	<b>97</b>

<b>7.3.1 Bagazo</b>	<b>97</b>
<b>7.3.2 Melote</b>	<b>99</b>
<b>7.3.3 Cachaza</b>	<b>102</b>
<b>8. INDICADORES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL</b>	<b>103</b>
<b>8.1 Indicadores de cumplimiento</b>	<b>104</b>
<b>8.2 Indicadores de eficiencia</b>	<b>107</b>
<b>9.RESUMEN DE LA ESTRATEGIA DE CIRCULARIDAD DE MATERIALES</b>	
<b>PROPUESTA</b>	<b>110</b>
<b>10.CONCLUSIONES</b>	<b>111</b>
<b>11.RECOMENDACIONES</b>	<b>113</b>
<b>12. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>114</b>
<b>13. ANEXOS</b>	<b>116</b>

## LISTA DE DIAGRAMAS

1. Proceso de producción de panela .....	26
2. Cadena productiva de la panela .....	28
3. Producción de panela a nivel mundial.....	31
4. Departamentos paneleros de Colombia.....	33
5. Cartografía básica Nocaima-Cundinamarca.....	46
6. Cartografía básica Vereda El Cajón.....	54
7. Cartografía básica Vereda Buenos Aires.....	55
8. Esquema general en el proceso de identificación y valorización de aspectos e impactos ambientales.....	71
9. Medidas de eliminación/sustitución, controles de ingeniería y administrativos.....	77
10. Proceso de producción tradicional y orgánico de panela.....	85
11. Esquema de cogeneración eficiente en el proceso de panela.....	89
12. Modelado de una planta con evaporador múltiple efecto.....	92
13. Filtro de mangas para el proceso de moler materia prima.....	94
14. Balance de masa del proceso de molienda de caña.....	94
15. Balance de masa del proceso de preparación de aglutinante .....	95
16. Balance de masa del proceso de cochada.....	95
17. Balance de masa del proceso de moldeo .....	95
18. Proceso de producción de papel.....	100
19. Ruta metodológica para la formulación de indicadores ambientales .....	106

## LISTA DE TABLAS

1. Etapas del proceso de producción de panela .....	30
2. Cantidad de producción por departamentos de Colombia.....	35
3. Clasificación de residuos del proceso panelero.....	40
4. Clasificación de RESPEL.....	41
5. Etapas del proceso de desarrollo del proyecto de investigación.....	48
6. Consumo de kWh de selladora de calor .....	86
7. Consumo de kWh de Horno.....	87
8. Consumo de Kwh de Zaranda.....	87
9. Composición elemental de biomasa en base seca de diferentes fuentes de energía.....	90
10. Poder calorífico en base seca de algunos materiales.....	91
11. Composición del melote.....	102
12. Fuente de proteína jugo de caña para alimentación animal.....	103
13. Ingredientes bloque nutricional para cerdos.....	104
14. Usos de residuos en el proceso de producción de panela.....	112

## LISTAS DE IMÁGENES

1. Proceso de corte y apronte de caña .....	56
2. Proceso de molienda de caña.....	57
3. Proceso de filtración de caña.....	57
4. Proceso de clarificación de la caña.....	58
5. Proceso de calentamiento.....	59
6. Proceso de concentración.....	59
7. Proceso de cristalización.....	60
8. Proceso de moldeo.....	60
9. Proceso de volteo.....	61
10. Proceso de tamizado y triturado.....	62
11. Proceso de tamizado y triturado.....	62
12. Proceso de tamizado y triturado.....	63
13. Derivados del proceso de panela.....	63
14. Maquinaria Zaranda/Centro de acopio.....	64
15. Maquinaria Rodillo moledor/Centro de acopio.....	65
16. Maquinaria Sachet.....	66
17. Producto final panela pulverizada.....	66
18. Horno.....	67
19. Selladora de calor.....	68
20. Selladora al vacío/Banda transportadora.....	68
21. Selladora de calor 2	
22. Balanza	
23. Etiquetadora/Loteadora	

## GLOSARIO

**ACTIVIDAD U OPERACIÓN:** Cualquier acción que desarrolla la organización con el objeto de dar cumplimiento a su razón social o actividad económica, pudiendo incluir trabajos como el diseño, el mantenimiento, la adquisición de materiales, insumos, equipos u otros bienes, así como las demás funciones administrativas.

**ASPECTO AMBIENTAL:** Elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente. Los aspectos relacionados con las actividades se asocian a generación de residuos, vertidos, emisiones a la atmósfera, consumo de recursos naturales, entre otros.

**CICLO DE VIDA:** Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto o servicio, desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.

**DESECHO / RESIDUO:** Material, insumo, producto, subproducto, sólido, semisólido, líquido o gaseoso, generado en el sector servicios o en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o procesamiento, y que se descarta, que pueda ser susceptible de ser aprovechado o requiera sujetarse a tratamiento o disposición final.

**DISPOSICIÓN FINAL:** Es el proceso de aislar, tratar, desactivar y confinar los residuos sólidos y líquidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

**ENVASE:** Recipiente destinado a contener productos hasta su consumo final.

**ETIQUETA:** Información impresa que advierte sobre un riesgo de una mercancía peligrosa, por medio de colores o símbolos, la cual debe medir por lo menos 10 cm.

x 10 cm., salvo en caso de bultos, que debido a su tamaño solo puedan llevar etiquetas más pequeñas, se ubica sobre los diferentes empaques o embalajes de las mercancías.

**EVALUACIÓN DE IMPACTOS:** Evaluación de los efectos que experimentaría o experimentaría cada factor ambiental debido a los impactos causados por los procesos o actividades, en las diferentes etapas de la producción panelera.

**FICHA DE SEGURIDAD:** Documento que describe los riesgos de un material peligroso y suministra información sobre cómo se puede manipular, usar y almacenar una sustancia química o material peligroso que se elabora de acuerdo a lo definido en el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos - SGA.

**GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS:** Es el conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Cualquier cambio en el medio ambiente ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización.

**LIXIVIADOS:** Son residuos líquidos que se generan por la degradación natural de los residuos sólidos orgánicos.

**MANIFIESTO DE TRANSPORTE:** Es el documento que ampara el transporte de sustancias peligrosas ante las distintas autoridades cuando éstas se movilizan en vehículos de servicio público mediante contratación a través de empresas de transporte de carga legalmente constituidas y debidamente habilitadas por el Ministerio de Transporte.

**MEDIO AMBIENTE:** Entorno en el cual una organización opera, incluidos el aire, el agua, el suelo, los recursos naturales, la flora, la fauna, los seres humanos y sus interrelaciones.

**PARTE INTERESADA:** Persona o grupo que tiene interés o está afectado por el desempeño ambiental de una organización.

**REDUCIR, REUTILIZAR Y RECICLAR:** Tres propósitos para minimizar (racionalizando y optimizando procesos) la generación de residuos a disponer.

- **Reducir** significa elegir cosas con cuidado para reducir la cantidad de residuos generados.
- **Reutilizar** implica el uso repetido de ítems o partes de ellos que todavía son utilizables.
- **Reciclar** significa usar los residuos mismos como recursos.

**RELLENO SANITARIO:** Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final.

**RESIDUOS LÍQUIDOS DOMÉSTICOS:** Son los que provienen de actividades como preparación de alimentos, aseo de campamentos, oficinas.

**RESIDUOS LÍQUIDOS INDUSTRIALES:** Son los que se generan de las actividades de la operación misma.

**RESIDUOS NO PELIGROSOS:** Son aquellos producidos por el generador en cualquier lugar y en desarrollo de su actividad, que no presentan riesgo para la salud humana o el medio ambiente.

**RESIDUOS PELIGROSOS:** Tiene características de: corrosividad, reactividad, explosividad, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas. Puede generar daño a la salud y/o al ambiente.

**SEPARACIÓN EN LA FUENTE:** Es la clasificación de los residuos sólidos en el sitio donde se generan.

**PREVENCIÓN:** principio que supone adoptar las medidas necesarias para evitar daños al medio ambiente, preferentemente en su fuente de origen.

**MEDIDAS DE MITIGACIÓN:** Acciones de control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que se dan por el desarrollo de una actividad.

## RESUMEN

Colombia es el segundo productor después de la India y ocupa el primer lugar en consumo/habitante a nivel mundial siendo de 32,4 kg hab/año (Martínez y Acevedo, 2004). La producción de panela en Colombia se ha convertido en fuente de generación de empleo por el incremento de consumo de esta, debido a que más colombianos la incluyen en su dieta diaria.

Así mismo, la producción de panela a lo largo y ancho del país se da en las zonas donde se permite el cultivo de caña de azúcar, está desde hace bastante tiempo se empezó a producir en trapiches pequeños de manera artesanal.

De esta manera, por el incremento de la contaminación ambiental crece la preocupación por las diferentes etapas en el proceso productivo de la panela, donde se busca implementar nuevas tecnologías que evidencien mejor eficiencia y menor impacto al medio ambiente, así como disminución en el impacto a los recursos naturales.

Este trabajo de investigación muestra el diagnóstico actual de los trapiches visitados, donde con la colaboración de los trapiches Ventorrillo, Buenos Aires y centro de acopio de ASOPROPANOC en el municipio de Nocaima, Cundinamarca, se evidencia el estado actual donde se mantuvo diálogo con los trabajadores del lugar, entrevista directas y observaciones, para el cual se propuso unas mejoras en las condiciones actuales, así mismo con la información recopilada en campo se construye la matriz de aspectos e impactos ambientales que presenta actualmente la organización como también los aspectos positivos y negativos que sobresalen de los diferentes tipos de producción. Con base en lo anterior se proponen la implementación de diferentes sistemas en las instalaciones del proceso productivo; por último, se formulan indicadores de desempeño cada uno tabulado en una ficha que muestra la definición, objetivo, meta, plazo de cumplimiento así mismo la gráfica medida en los últimos 10 meses, que buscan mejorar el proceso de producción panelero.

**Palabras Clave:** *Producción, Panela, Trapiche, Tecnologías, Indicadores, Desempeño*

## INTRODUCCIÓN

El presente es un análisis del proceso de producción de panela pulverizada, granson granulada, panela pastilla, snacks para caballos y el proceso de manufactura que se lleva a cabo por ASOPROPANOC, ubicada en Nocaima, Cundinamarca, siendo este lugar muy conocido en Colombia por su alta producción de panela en el país.

La Asociación de productores paneleros de Nocaima es reconocida por llevar sus productos hacia la innovación, saliendo del molde de producción convencional, presentando derivados de la caña de azúcar diferentes al bloque de panela tradicional. A nivel económico y agroindustrial el mayor aporte a la economía lo da la producción de panela si hablamos del área rural, esta producción es ancestral y por ende artesanal, este trabajo se conserva en las familias principalmente que adecuan sus fincas para el cultivo de caña y la producción de la panela; este proceso aún en la actualidad y en la ruralidad no ha incluido dentro de sus procesos tecnologías diferentes a la maquinaria convencional.

Ahora bien, para hablar un poco más del producto es necesario mencionar que la panela se consume en todo el país por lo que ruralmente también se produce en muchas partes de Colombia de manera continua, para poner un contraste, este producto es un endulzante de bajo costo de producción, que tiene grandes aportes nutricionales como algunas vitaminas y minerales por lo que su mayor demanda se encuentra asociada a los consumidores en los estratos populares del país.

De la misma manera para la producción, la principal materia prima es la caña de azúcar por lo que el cultivo y mantenimiento de la caña panelera no requiere necesariamente el uso de agentes agroquímicos, como fertilizantes y pesticidas, requiriendo también poca intervención manual, por lo versátil de esta planta la única intervención manual sería: plantado, riego, deshierbe y cosecha.

A nivel nacional se ha incrementado por salud o moda, el consumo de productos saludables, los consumidores de todos los sectores económicos buscan ingerir productos más

“orgánicos” al ser la panela un producto elaborado a base de materias primas naturales y con poca o nula utilización de insumos agroquímicos en sus cultivos, en los últimos años ha adquirido mayor popularidad y aceptación, beneficiando a las pequeñas, medianas y grandes empresas que las producen y a su vez a la economía local, por lo que nace la necesidad de implementar en procesos productivos de este tipo la evaluación de estrategias que permita la optimización de sus procesos, en este punto el desarrollo del presente proyecto se dividió en tres etapas principales:

La primera etapa inicia con la elaboración del diagnóstico general de la producción de panela, donde se realizó un análisis detallado de cada fase de producción, evaluando la significancia de los aspectos e impactos ambientales directos o indirectos que se relacionaban al proceso de manera cuantitativa, lo que permitió definir en valores numéricos aquellos aspectos que tienen relevancia por su impacto positivo o negativo, posteriormente se evaluó el balance de los materiales y energía que se involucraron en cada etapa productiva para sí definir el diseño de un proceso de producción alternativo, sostenible que contemple la solución de las dificultades halladas en el diagnóstico, proponiendo estrategias de aprovechamiento de materiales y la energía, involucrando alternativas de economía circular y ciclo cerrado de los materiales en todas sus etapas; finalmente se propone la implementación de indicadores de medición de cumplimiento y eficiencia que permitan generar un insumo cuantificable para la toma de futuras decisiones.

# 1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En términos generales y respecto a la revisión del estado del arte, se encuentran indicios de procesos investigativos que reconocen el valor y la oportunidad social y económica del cultivo de caña con la producción de panela en el país, sin embargo, los enfoques se inclinan al valor económico que la tecnificación de procesos traería al agro dedicado a la producción de panela, por lo que se hace necesario dar un enfoque ambiental que permita seguir cumpliendo con las expectativas económicas y sociales, como una oportunidad de mejora para que este sector tan grande incursione en nuevos mercados.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es el segundo mayor productor de panela del mundo, detrás de esta industria existen alrededor de 350.000 familias, generando también más de 200.000 empleos (Agronegocios), sin embargo es una práctica que lleva siendo realizada desde hace más de 100 años, por lo que su ejecución es tradicional, y su infraestructura conserva sus cimientos artesanales, esto en la actualidad implica que sea un sector reacio a la implementación de tecnología en sus procesos productivos, por lo que también suponen pérdida de materia prima, poco control en el consumo de recursos como agua y energía; falta de salubridad en los procesos, carencia en el mantenimiento de los equipos tradicionales; la exposición a riesgos laborales e impactos ambientales significativos, los componentes que presentan mayor impacto son: el aire, ya que en su proceso de cocción en trapiches tradicionales se emplean combustibles como el carbón en hornos artesanales, su control de emisiones no está regulado, el consumo de agua para el mantenimiento y limpieza en las instalaciones genera vertimientos que muchas veces no son tratados pero si son dispuestos al sistema de alcantarillado; el consumo de energía para la iluminación de las instalaciones y también, para el funcionamiento de los equipos empleados en la línea de producción. A partir de esta serie de problemas se plantea la siguiente pregunta ¿Cuál es la circularidad de las materias primas que establece la aplicación del diseño de línea de producción de panela tecnificada

como alternativa para disminuir los impactos ambientales generados por la producción tradicional?

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo realizar un manejo adecuado de los residuos del proceso de producción panelero en Colombia de tal forma que contribuya en la economía circular del país?

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar la circularidad de las materias primas en el proceso productivo, reduciendo sus impactos ambientales y generando alternativas ecoeficientes para la producción de panela dulce en Colombia para el ingenio ASOPROPANOC de Nocaima, Cundinamarca

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar el proceso de producción actual en el ingenio panelero de la asociación ASOPROPANOC ubicada en Nocaima, Cundinamarca, determinando sus impactos ambientales y consumo de recursos naturales.
- Diseñar un proceso alternativo sostenible de producción panelera en el trapiche que involucre la circularidad de materiales, la reducción de impactos ambientales y la optimización de recursos naturales.
- Formular indicadores de desempeño ambiental soportados con la NTC ISO 14031 de 2021, que permita la medición en la reducción de los consumos de energía y agua en el proceso de producción en el trapiche, que involucre la circularidad de materiales y mitigue los impactos ambientales generados en el proceso.

### 3 JUSTIFICACIÓN

Colombia se caracteriza por tener las condiciones idóneas para desarrollar el agro, siendo la producción de panela, una de las agroindustrias rurales de mayor tradición en el país. Sin embargo, esta importante industria no ha tenido la oportunidad de contemplar la implementación tecnificada de procesos productivos, a nivel industrial para la producción de este producto de la canasta familiar, para ello, necesita principalmente un estudio de viabilidad que determine los beneficios a nivel de materiales y energía para establecer los equipos y procesos que podrían ser tecnificados, esto con el fin de generar una eficiencia energética y optimización de materias primas, del mismo modo, identificar qué residuos generados durante la producción pueden ser recirculados nuevamente al proceso productivo para generar subproductos derivados de la caña de azúcar. Actualmente las dinámicas de la producción de panela están basadas en un sistema convencional y artesanal, esta producción se lleva a cabo en espacios reducidos, que no optimizan la totalidad del área de producción con la que cuentan y que, en su mayoría, se encuentran a la intemperie, lo que aumenta la probabilidad de que impurezas e insectos contaminen el producto final afectando su calidad, del mismo modo este tipo de producción artesanal hace que los trabajadores tengan mayor exposición a riesgos de accidentes laborales.

En el desarrollo de este diseño se propone la tecnificación de la línea productiva de una finca panelera, se evalúan equipos que aporten mayor eficiencia tanto en la ejecución del proceso industrial como en la optimización de la materia prima y los recursos naturales consumidos, y a partir de este diseño desarrollar una base metodológica y conceptual que permita adherir esta propuesta a los actuales procesos industriales de producción panelera, direccionando el proyecto especialmente a las fincas de producción tradicionales presentes en el país, esto permite que esta industria entre a un mercado más competitivo y que pueda ser reconocida por implementar prácticas productivas respetuosas con el medio ambiente, que mitigan los impactos ambientales generados por la producción tradicional a su vez que implementan estrategias de economía circular y prácticas que garantizan la seguridad para sus trabajadores.

## 4 MARCO DE REFERENCIA

### 4.1 MARCO TEÓRICO

#### 4.1.1 Características de la panela

Para producir la panela, el jugo de caña de azúcar es cocido a altas temperaturas hasta formar una melaza densa, luego se pasa a unos moldes en forma de prisma donde se deja secar hasta que se solidifica o cuaja. Este proceso es realizado en pequeños molinos de caña de azúcar rurales denominados trapiches. (SIC, 2019)

Teniendo en cuenta lo anterior, la panela es catalogada como un edulcorante de bajo costo con importantes aportes de minerales y trazas de vitaminas, esto explica las cifras presentadas por el DANE donde se observa que el consumo de panela presenta una mayor participación en la canasta familiar de la población de ingresos bajos.

Es un edulcorante natural que se obtiene a partir de la evaporación, concentración y cristalización del jugo de la caña de azúcar. Para producir la panela, este jugo es cocido a altas temperaturas hasta formar una melaza bastante densa, para después pasar a unos moldes en forma de prisma donde se deja secar hasta que se solidifique o cuaje.

De acuerdo con la FAO, la producción de la panela es una de las más tradicionales agroindustrias rurales en América Latina y el Caribe y la producción mundial de este producto se encuentra en alrededor de 13 millones de toneladas por año.

Debe el origen de su nombre al hecho de que se panifica el jugo de la caña. Se le considera el azúcar más puro. Se elabora en pequeñas fábricas llamadas trapiches donde el jugo de la caña se cuece a altas temperaturas hasta obtener una melaza muy densa y deshidratándose y solidificándose en paneles rectangulares que se cortan o en moldes de diferentes formas.

Se comercializa en distintas presentaciones, en bloque, en polvo o en pastillas.

DIAGRAMA DE FLUJO PRODUCCIÓN PANELERA

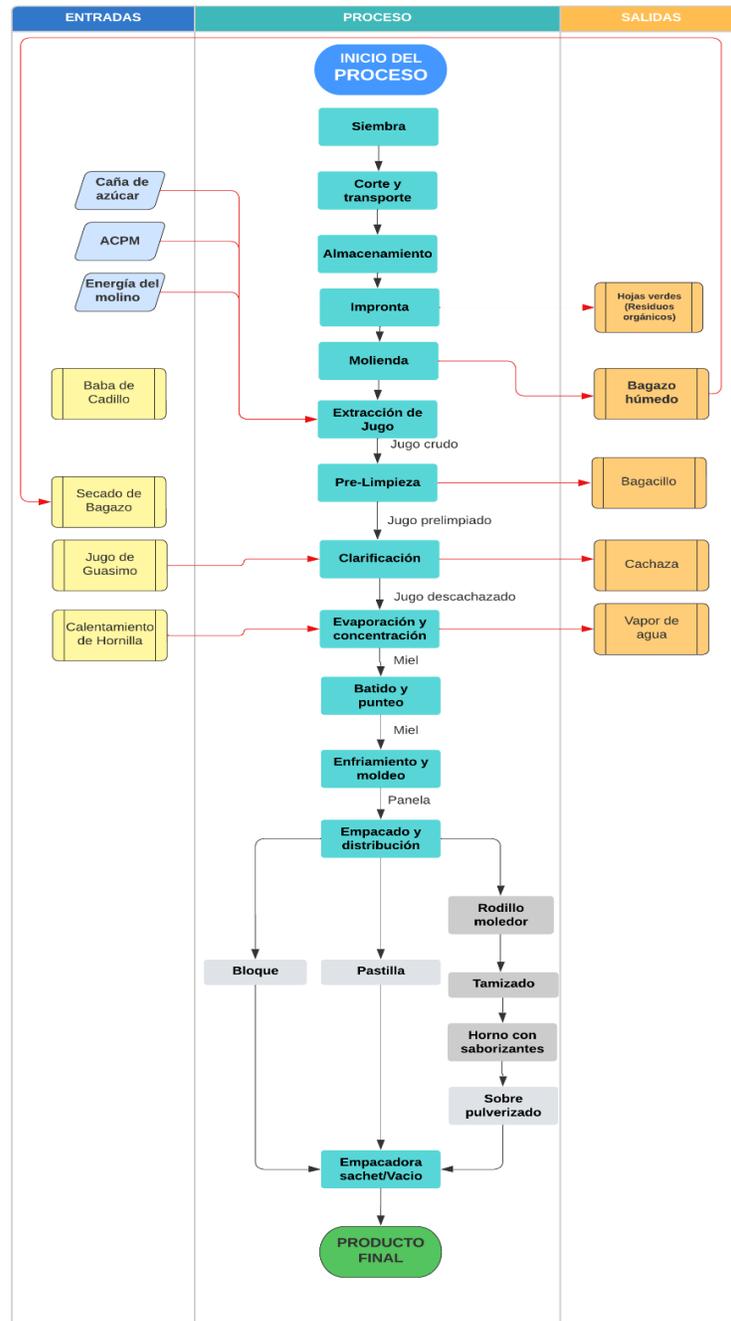


Diagrama N°1 Proceso de producción panelera

Fuente: Autor

#### 4.1.2 Tipos de producción de panela

- **Producción orgánica**

La Panela orgánica es típica de América Latina y América Central. La panela es un alimento tradicional consumido en las regiones del trópico y subtrópico, casi al mismo tiempo que la caña de azúcar empezó a crecer. Luego de que la caña de azúcar es extraída, el jugo que proviene de ella es hervido y puesto en moldes. Cuando el jugo se enfría, está listo para ser sacado de los moldes. Este proceso permite la retención de constituyentes esenciales de la caña de azúcar: proteínas, antioxidantes y minerales.

Tradicionalmente, la panela orgánica es producida por pequeños agricultores que procesan su propia caña de azúcar con tecnología tradicional. En estos días, se está empezando a usar mejor tecnología debido a que la demanda de panela orgánica se ha incrementado. (Cadena agroindustrial de panela en Colombia, 2018)

**Beneficios de la Panela orgánica:** La panela orgánica retiene todos los beneficios de la caña de azúcar, dado que no proviene de un proceso de centrifugación. El cobre, zinc, magnesio, hierro, calcio y otros elementos son retenidos. Algunos defensores y productores de panela orgánica de diferentes regiones, argumentan que es más saludable – un súper alimento saludable – que la azúcar refinada, y sugieren una serie de beneficios inmunológicos, así como más micronutrientes y un menor índice glucémico.

**Usos de la Panela orgánica:** La panela orgánica se puede encontrar en diferentes formas: granulada, sólida, a veces líquida. La panela orgánica puede ser usada para hacer refrescos, vinos, y/o vinagres, así como alimentos horneados. Este superalimento también puede ser tomado con café, lima o limón, ya sea en bebidas calientes o frías.

- **Producción Tradicional**

En Colombia la panela es fabricada por pequeños agricultores de territorios de climas cálidos. El proceso de producción empieza desde la cosecha de la caña de azúcar madura, luego se transporta a un trapiche (Lugar en el que se procesa la caña de azúcar para

convertirla en panela) en donde se sustrae el jugo y se cocina a altas temperaturas hasta que se obtiene una sustancia espesa, luego esta se vierte en moldes rectangulares o redondos y se deja en reposo hasta que se enfría y se solidifica.

Este es el proceso por el que pasa la panela antes de llegar a la mesa en la forma tradicional, aunque en la actualidad las oportunidades de negocio de la panela se han ampliado, ahora se puede encontrar panela pulverizada, en cubos o aromatizada para preparar en infusiones aromáticas. De esta forma la panela tiene mayor oportunidad de exportación, de acuerdo a Proexport (Entidad colombiana encargada de las exportaciones y el turismo internacional del país).

#### 4.1.3 Cadena productiva de la panela y su industrialización

La formación de la cadena productiva de la panela y su industrialización se da por medio de la siguiente ilustración, donde se comprende los cultivadores de caña (pequeños, medianos y grandes cultivadores), así mismo como la comercialización mayorista, minorista y la entrega al cliente final o consumidor.

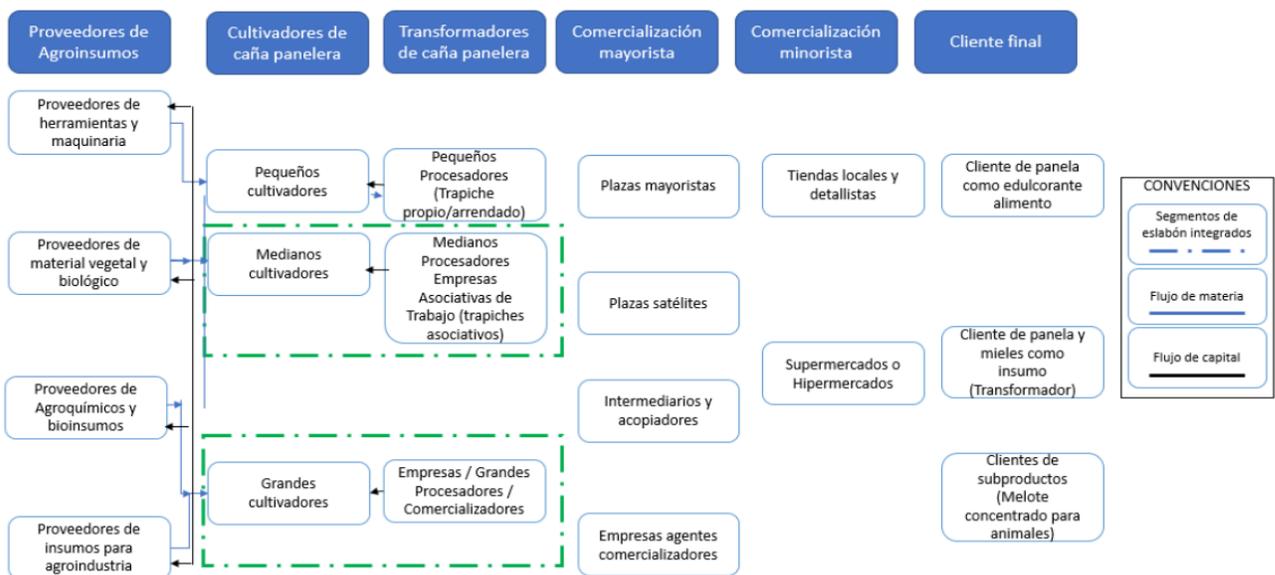


Diagrama N°2 Cadena productiva de la panela en Colombia y su industrialización

Fuente: SIC (2019)

#### 4.1.4 Etapas del proceso de producción de panela

Nombre	Descripción del proceso
<b>Corte de caña</b>	Pasados 18 meses después del cultivo inicial de la caña se realiza el corte de la cosecha, después de esto el corte se realiza cada doce meses.
<b>Apronte</b>	Este es el proceso de la caña recién cortada, se puede almacenar de manera temporal en el sitio, pero no puede superar los 6 días, esto debido a que puede afectar el proceso de extracción de los jugos, se retiran las hojas verdes.
<b>Trapiche</b>	En esta operación se obtienen los jugos de la caña, al moler las cañas.
<b>Limpieza de jugos</b>	En este proceso se busca eliminar las impurezas de tamaño grueso en los jugos, por medios físicos y a temperatura ambiente, normalmente en este proceso lo que más sale es la cachaza y partículas gruesas de bagazo, este proceso se realiza fácilmente de manera manual. Normalmente los residuos son empleados para hacer compost.
<b>Bagazo combustible</b>	El Bagazo húmedo sale del proceso de trapiche y es aprovechado como combustible para generar calor y energía en los fondos durante la molienda.
<b>Clarificación</b>	En este proceso ingresa el jugo previamente limpiado, ingresa a unos contenedores abiertos que van aumentando su temperatura, en este punto se adiciona un aglutinante vegetal hecho a base de plantas de guásimo, balso y cadillo, se agrega aceite para que la melaza no se vaya a pegar en el fondo, durante el proceso se genera espuma pero esta se extrae y se acumula, a este producto se le conoce como melaza o cachaza, por su alto contenido en nutrientes es empleado para alimentar caballos, mulas o cerdos

<b>Evaporación</b>	Este proceso tiene lugar en las hornillas, el calor que se suministra se aprovecha durante el proceso de cambio de fase del agua, donde pasa de líquido a vapor, elimina aproximadamente el 90% del agua presente en los jugos, en este proceso aumenta el contenido de sólidos solubles en agua hasta que la materia prima alcanza una textura viscosa conocida como punto miel, durante este proceso se alcanza una temperatura de 120°C
<b>Concentración</b>	En este proceso la materia prima que alcanzó el punto de miel es colocada en una paila concentradora donde se somete nuevamente a exposición de calor superando temperaturas de más de 100°C
<b>Volteo</b>	Con este proceso se busca cambiar la textura de la materia prima y hacer que pierdan la capacidad de adherencia, al batirlas se incorpora aire, en este punto los cristales de sacarosa crecen, adquieren porosidad y mejora el proceso de solidificación.
<b>Moldeo</b>	Al terminar el proceso de batido la mezcla en punto de miel y antes que disminuya más la temperatura es colocada en el molde, este es una lámina larga con divisiones cuadradas donde se coloca la mezcla.
<b>Enfriamiento</b>	Este proceso ocurre a temperatura ambiente, en esta etapa ocurre el proceso de solidificación y compactación, una vez se alcance este punto ya se puede desmoldar.
<b>Empaque</b>	Dependiendo del comprador la panela se empaca en varias presentaciones, puede ser en caja, o se empacan por unidad al vacío en plástico transparente termo encogible, se sellan empleando una templadora.

*Tabla N°1 Etapas del proceso de producción de panela*

*Fuente: Autor*

#### 4.1.5 Producción de Panela a Nivel Mundial

Según el Ministerio de Agricultura, de los cinco países donde está concentrado 90% de la producción panelera, Colombia ocupa el segundo puesto al producir 1,2 millones de toneladas anuales, con 16% de participación. Por delante está India, con 66% de la producción mundial, al poner 7,5 millones de toneladas anuales, de los 11,3 millones que se consumen a nivel mundial.

En total, Colombia exportó poco más de 12.300 toneladas en 2020, siendo EE.UU. su principal aliado desde que iniciaron las ventas al exterior. No obstante, España se viene consolidando como un nuevo socio comercial, pues desde 2017 ha aumentado sus compras al nivel de las estadounidenses.

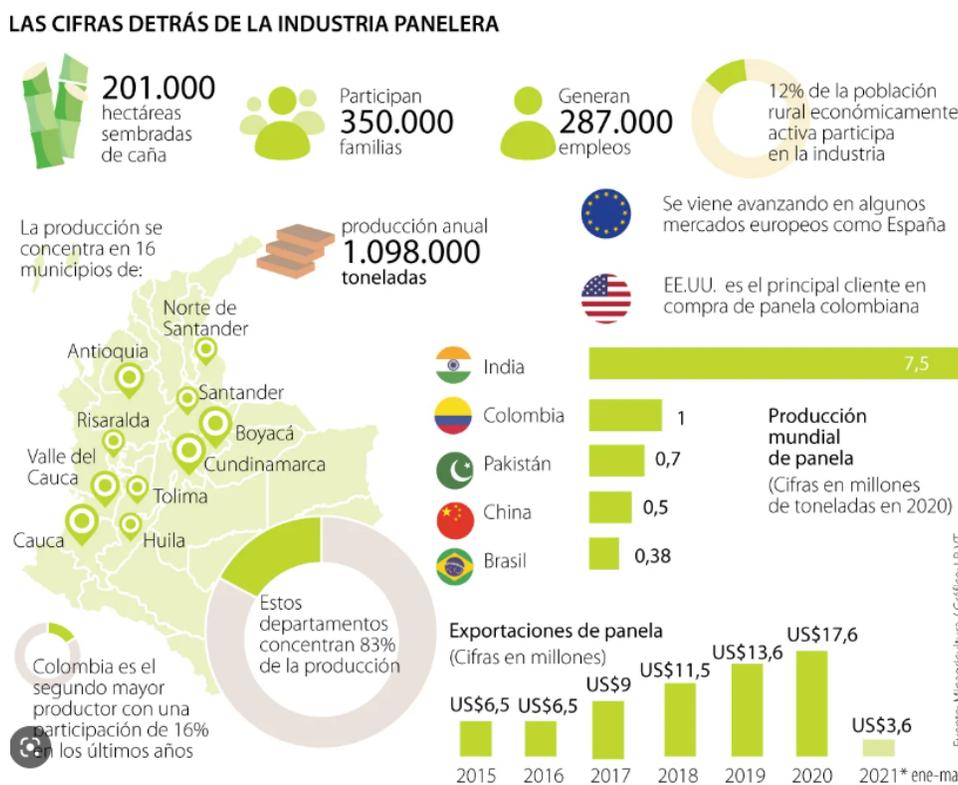


Diagrama N°3 Producción Panela a Nivel Mundial

Fuente: (Ministerio de Agricultura, 2021)

#### **4.1.6 Producción panelera en Colombia**

Según FEDEPANELA (2019) citado en el Fondo Nacional de la Panela (2019), a 2018 se contaban con 32 asociaciones de productores paneleros que cumplen con la normatividad vigente para la producción de panela en el país. Las cuales se encuentran distribuidas en mayor parte en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Santander, y se particularmente se dan a conocer por presentar un bajo número de asociados, y mantener un objetivo común: obtener mejores condiciones de producción y comercialización que permitan mejorar la calidad de vida de los productores paneleros. Entre sus principales funciones se destacan la transformación del bien, apertura de nuevos mercados y desarrollo de nuevos productos.

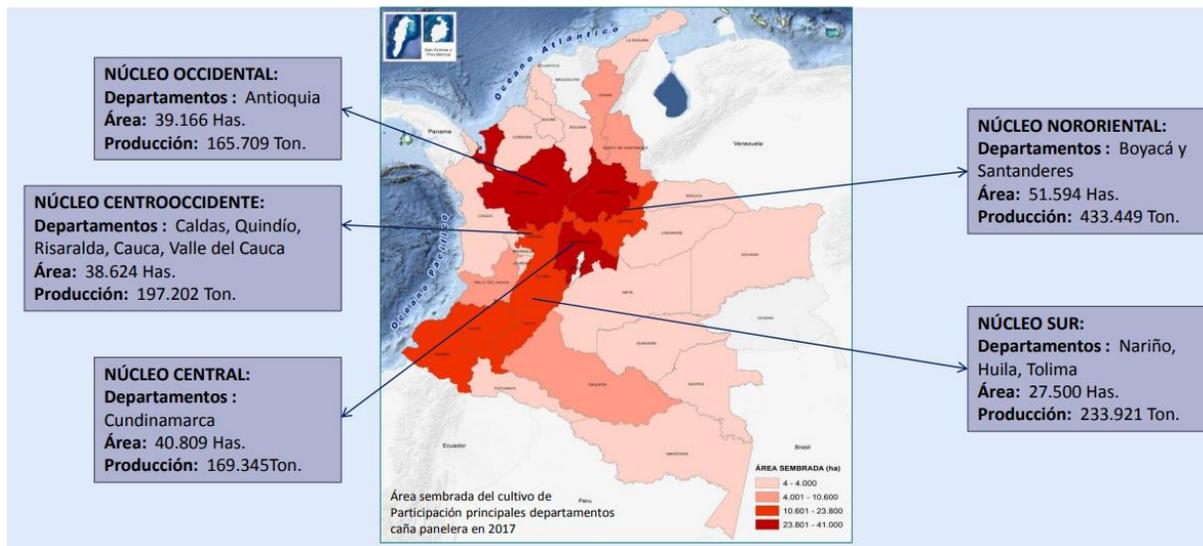
Teniendo en cuenta lo anterior y para el caso de estudio, ASOPROPANOC es una asociación de productores paneleros sin ánimo de lucro que lleva aproximadamente 20 años en el mercado de múltiples comercios, es una asociación que lleva a lo largo de su trayectoria mejorando la calidad de vida de los cultivadores y productores del municipio de Nocaima, así como la economía a nivel local y regional.

Un modelo de articulación fue implementado entre los diferentes productores para reducir costos de producción y poder implementar un sistema que permitiera llegar directamente a mercados, canalizar recursos del gobierno, en pro del cumplimiento de la normatividad vigente y poder así garantizar un producto inocuo, un mercado sostenible y disminución de la intermediación. Al respecto señala (Drucker, 1954) las organizaciones se diferencian principalmente por sus objetivos, por lo cual el empresario debe aprender a innovar.

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural el censo de áreas sembradas de caña de azúcar para el año 2019 como se muestra en la imagen los 5 núcleos clasificados en:

- Núcleo occidental: Comprende por los departamentos de Antioquía con un área de siembra de 39.166 Has y un promedio de producción de 165.709 toneladas.

- Núcleo centro occidental: Comprendido por los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Cauca, Valle del Cauca con un área de siembra de 38.624 Has y un promedio de producción de 197.202 toneladas.
- Núcleo Nororiental: Comprendido por los departamentos de Boyacá y Santander con un área de siembra de 51.594 Has y un promedio de producción de 433.449 toneladas.
- Núcleo Sur: Comprendido por los departamentos de Nariño, Huila y Tolima con un área de siembra de 27.500 Has y un promedio de producción de 233.921 toneladas.
- Núcleo Central: Comprendido por los departamentos de Cundinamarca con un área de siembra de 40.809 Has y un promedio de producción de 165.709 toneladas.



*Diagrama N° 4 Departamentos paneleros de Colombia*

*Fuente: Ministerio de agricultura y desarrollo rural (2019)*

Colombia es el segundo productor de panela o azúcar no centrifugada (ANC) en el mundo, después de India, y también es el país líder en consumo per cápita, con un promedio de 24,7 kg año<sup>-1</sup> (Gutiérrez-Mosquera et al., 2018). La agroindustria panelera es de gran importancia para la economía nacional, ocupando la segunda línea en la oferta de empleo para el sector agrícola, adicional a esto la agroindustria panelera de manejo familiar en

Colombia, se mantiene como consecuencia del alto valor nutritivo del producto, su adaptación a diversas condiciones de suelos y clima, y bajo ingreso de insumos agrícolas. (Arroyo Chuquín, J. S., & Méndez Chicaiza, S. I. (2018).

**Cadena / Agroindustria Panela**

Departamento	2018				2019				2020			
	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ha/ton)	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ha/ton)	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ha/ton)
Antioquia	38774,7	34008,2	159933,9	4,7	37208,1	33311,0	156540,0	4,7	34546,0	30011,3	168412,1	5,6
Boyacá	18539,4	16362,0	157441,9	9,6	17790,6	16015,7	153924,6	9,6	19347,0	17047,6	157729,6	9,3
Caldas	11281,1	10364,5	47916,2	4,6	10825,3	10150,8	46891,9	4,6	10643,0	10571,0	56039,5	5,3
Caquetá	5719,2	4844,2	25555,1	5,3	5271,2	4746,9	25032,0	5,3	4914,0	4336,0	22746,0	5,2
Cauca	15307,4	13552,8	70435,3	5,2	14688,9	13327,3	69178,4	5,2	13554,9	11618,5	63103,7	5,4
Cundinamarca	40401,3	34889,1	163443,1	4,7	38065,9	34583,7	161552,6	4,7	34656,6	31577,7	153336,9	4,9
Huila	9450,7	8071,0	56670,6	7,0	9068,9	8154,1	56316,3	6,9	8407,9	6197,7	49396,6	8,0
Nariño	15253,9	13422,9	102531,8	7,6	14537,6	13144,0	100346,4	7,6	14495,5	11183,0	84416,5	7,5
Norte de Santander	9268,6	7854,1	38502,7	4,9	8574,1	7792,2	37860,4	4,9	7391,9	6306,5	32927,8	5,2
Quindío	594,0	519,0	4167,8	8,0	570,0	515,3	4098,3	8,0	384,4	384,4	20119,0	52,3
Risaralda	3901,6	3462,9	25673,0	7,4	3744,0	3420,5	25244,7	7,4	3448,0	2979,0	20969,5	7,0
Santander	23270,0	20998,6	222398,5	10,6	22329,8	20695,5	218688,6	10,6	23510,8	17777,2	155814,9	8,8
Tolima	12514,6	11224,8	66565,9	5,9	12009,0	11121,8	65363,5	5,9	10490,0	9336,1	56754,9	6,1
Valle del Cauca	7153,7	6472,8	42137,5	6,5	6864,7	6372,0	41358,9	6,5	7073,4	6654,2	43903,6	6,6
<b>Total</b>	<b>211430,3</b>	<b>186046,8</b>	<b>1183373,2</b>	<b>6,6</b>	<b>201547,8</b>	<b>183350,4</b>	<b>1162396,5</b>	<b>6,6</b>	<b>192863,5</b>	<b>165980,2</b>	<b>1085670,8</b>	<b>6,5</b>

Podemos concluir que a lo largo del país se puede observar que los 14 departamentos de Colombia que están agremiados a FEDEPANELA (2019) representan un 92,89% de las áreas sembradas de todo el país, siendo el departamento de Cundinamarca el mayor en área de siembra 38.065,87 y el departamento con mayor rendimiento Santander con 10.57ton/ha.

#### **4.1.7 ECONOMÍA CIRCULAR**

La evolución del manejo que se le da a los recursos ha tenido varios momentos de importancia, donde inicialmente la concepción de desarrollo humano se motivaba bajo el eje económico y social, haciendo del desarrollo un sistema lineal de extracción, procesamiento y disposición final de los recursos, alrededor de los años 80' nace la necesidad de encontrar un nuevo enfoque para el crecimiento al contemplar 3 dimensiones: la economía, la sociedad y el ambiente bajo el objetivo de apuntar "satisfacer necesidades de las generaciones presentes sin comprometer los recursos para las generaciones futuras" dicho en pocas palabras, apuntar al desarrollo sostenible (Stahel, 2016) ; Posteriormente hacia los años 90' se concibe una nueva postura, Desta Mebratu muestra que la sostenibilidad va más allá de la limitación de las tres dimensiones que contempla el desarrollo sostenible, puesto que dependen la una de la otra para mantenerse, (Mebratu, 1998) en los últimos años se contempla el desarrollo sostenible con una cuarta dimensión que es lineal a todos los aspectos, el tiempo; este entra a jugar un papel en la sostenibilidad ya que las acciones que se generen en cualquiera de estas dimensiones tendrán un impacto positivo o negativo en un periodo de corto, mediano o largo plazo, (Lozano, 2008)

Sin embargo, en la actualidad se reconoce que la preocupación por el medio ambiente se ha limitado a la implementación de estrategias correctivas que ha logrado avances significativos como la reducción del efecto de los impactos negativos al entorno y adquirir más tiempo para evitar los efectos contundentes, pero esto no garantiza la sostenibilidad real, por lo que se hizo necesario replantear todos los modelos productivos actuales sin sacrificar la dimensión económica y social. Teniendo en cuenta todo lo anterior el planteamiento de la economía circular toma relevancia al presentarse como una alternativa

eficiente al modelo lineal, ya que está completa la ecuación de la presión que el desarrollo económico y social del mundo ejerce sobre el medio ambiente, ya que propone un modelo cíclico que se contempla desde la extracción, transformación, distribución, uso y reemplazo de la disposición final por la recuperación de materiales y energía, (Stahel, 2016)

Es así como la economía circular busca facilitar el desarrollo sostenible facilitando la prosperidad económica a su vez que protege el medio ambiente previniendo la contaminación, el modelo de la economía circular se encuentra estrechamente ligado a términos que se han venido desarrollando con los años, como: reducir, reusar y reciclar; los cuales pueden ser aplicados en cada paso del ciclo de vida de un producto; así como el desarrollo de estrategias sostenibles que permiten la reincorporación de los “residuos” como un nuevo recurso para otros procesos. (Prieto, 2016)

#### **4.1.8 CAMPOS DE ACCIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR**

Como se mencionó anteriormente, la economía circular se percibe como un modelo de ciclo cerrado, es así que, al identificar sus campos de acción, es posible establecer procesos de mejora en cualquier paso del proceso productivo, los campos de acción contemplados son:

**Extracción:** La extracción se refiere a la manera en que las diferentes actividades económicas, adquieren sus recursos, una práctica de extracción alineada con la economía circular sería establecer criterios de selección de proveedores que tengan implementadas estrategias medio ambientales en la prestación de sus productos y servicios.

**Transformación:** Apunta a la tecnificación e innovación en los procesos productivos, de tal manera que se encuentren alternativas que beneficien la dimensión económica a su vez que es sostenible.

**Distribución:** Hace referencia a la forma en que el producto llega a su consumidor final, y este cómo se distribuye, en la economía circular es importante realizar el seguimiento a la

manera en que se entrega a los clientes el producto y/o servicio, desde el embalaje hasta el medio de transporte, cuyo objetivo es reducir los impactos negativos al ambiente implementando alternativas sostenibles a empaques, embalaje, logística y distribución.

**Uso:** Una vez que el producto ya ha sido entregado al consumidor final, la economía circular propone ampliar las posibilidades para que el producto sea aprovechado y que su disposición final no suponga el aumento de residuos sólidos en rellenos sanitarios.

**Recuperación:** La economía circular invita a las industrias a expandir su portafolio de servicios al ofrecer programas de post-consumo, mantenimiento al producto o una disposición final responsable con terceros que toman el residuo como materia prima para nuevos productos, la innovación en materiales ha permitido que algunos productos se puedan recuperar para ser empleados como recurso biológico en procesos de restauración ecológica.

#### **4.1.9 MANEJO DE RESIDUOS DEL PROCESO DE PANELA**

Los residuos sólidos generados en las diferentes etapas de producción desde el punto de vista de su manejo se clasifican en residuos peligrosos y no peligrosos.

Los residuos no peligrosos se clasifican en:

**BIODEGRADABLES:** Son aquellos restos químicos o naturales que se descomponen fácilmente en el ambiente. En estos restos se encuentran los vegetales, residuos alimenticios no infectados, papel higiénico, papeles no aptos para reciclaje, jabones y detergentes biodegradables, madera y otros residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica.

**RECICLABLES:** Son aquellos que no se descomponen fácilmente y pueden volver a ser utilizados en procesos productivos como materia prima. Entre estos residuos se encuentran

algunos papeles y plásticos, chatarra, vidrio, telas, radiografías, partes y equipos obsoletos o en desuso, entre otros.

**INERTES:** Son aquellos que no se descomponen ni se transforman en materia prima y su degradación natural requiere grandes períodos de tiempo. Entre estos se encuentran: El icopor, algunos tipos de papel como el papel carbón y algunos plásticos.

**ORDINARIOS O COMUNES:** Son aquellos generados en el desempeño normal de las actividades. Estos residuos se generan en oficinas, áreas comunes, cafeterías, casinos y en general en todos los sitios del establecimiento del generador.

En la siguiente tabla se presenta la identificación de los residuos generados en las diversas actividades que se llevan a cabo en el proceso de producción panelera y distribución de los productos:

Tipo	Origen	Descripción	Característica	Disposición final
<b>Residuos Aprovechables</b>	OFI CA	Papel bond (fotocopias e impresiones), cartón, papel periódico, papel plastificado	Pasta de fibras vegetales	Comercialización
	OFI CA	Computadores y/o periféricos	Cobre, acero, aluminio, lamina	Donación o con intermediario certificado
	TRA CA	Botellas plásticas, bolsas plásticas, material de embalaje plástico	Materiales sintéticos Incinerado este residuo produce contaminantes atmosféricos	Comercialización
	TRA CA	Elementos de vidrio	Material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo	Comercialización
	OFI	Tóner y cartuchos	Algunos contienen tambores magnéticos o de teflón con aleaciones de aluminio, selenio y arsénico, materiales que al disponerlos en un relleno sanitario se convierten en contaminantes a través de los lixiviados	Devolución al proveedor o con intermediario certificado
	TRA CA	Llantas	Caucho natural y sintético, negro de carbono, acero, fibras textiles	Devolución al proveedor o con intermediario certificado
	TRA	Material vegetal	Hojas verdes y secas producto de la impronta, bagazo húmedo	Generación de abonos Incineración como combustible en hornos
	TRA	Madera, chatarra (adecuaciones locativas)	Aprovechable	Comercialización
<b>No Aprovechables</b>	OFI CA TRA	Residuos alimenticios, papel higiénico, papeles no aptos para el reciclaje	Ordinarios Biodegradable (No apto para producción de compost)	Relleno sanitario
	OFI CA TRA	Empaques y envases de alimentos (Vasos desechables, servilletas, empaques de un solo uso)	Vasos desechables, servilletas, empaques de un solo uso, contaminados con residuos de alimentos	Relleno sanitario
	TRA CA	Elementos de protección personal	Guantes, overoles, gafas, botas, entre otros, post consumo	Relleno sanitario
	TRA	Escombros ocasionales de construcción (adecuaciones locativas)	Residuo sólido inerte	Relleno sanitario, con intermediario certificado

*Tabla N°3 Clasificación residuos proceso producción panela*

*Fuente: Autor*

*OFI: Oficina administrativa*

*CA: Centro de acopio*

*TRA: Trapiche*

Los residuos peligrosos son aquellos que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, corto punzantes, combustibles, radiactivos o reactivos pueden presentar riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al medio ambiente. También son residuos peligrosos aquellos que sin serlo en su forma original se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

A continuación, se describen los residuos peligrosos generados en las actividades ejecutadas en los trapiches y en el centro de acopio.

*Tabla N°4 de Clasificación de RESPEL de acuerdo con el Decreto 4741 de 2005.*

<b>Tipo</b>	<b>Origen</b>	<b>Descripción</b>	<b>Característica</b>	<b>Disposición final</b>	<b>Código Anexo I- Dec. 4741/05</b>
Residuos peligrosos	<b>CA OFI</b>	Pilas y acumuladores (pilas zinc-carbón, pilas alcalinas, pilas de botón, pilas de litio, pilas de níquel-cadmio, acumuladores eléctricos secundarios)	Contienen ácidos, metales pesados como el mercurio, cadmio y zinc, y otras sustancias de interés sanitario. Contenido de Metales pesados(tóxico)	Puntos de recolección o los mecanismos equivalentes establecidos por los productores	Y23, Y26, Y29

<b>Tipo</b>	<b>Origen</b>	<b>Descripción</b>	<b>Característica</b>	<b>Disposición final</b>	<b>Código Anexo I- Dec. 4741/05</b>
Residuos peligrosos	<b>CA TRA OFI</b>	Bombillas incandescentes, fluorescente tubular, fluorescente compacta, halógena	Componentes contaminantes Si se rompe, el polvo es altamente tóxico. Contenido de mercurio Tóxico y/o Corrosivo	Con intermediario certificado	Y29
Residuos peligrosos	<b>CA OFI</b>	Residuos electrónicos (computadores y/o periféricos): computadores, equipos electrónicos, defectuosos o desactualizados, baterías, entre otros	Componentes de algunos aparatos eléctricos y electrónicos: cadmio, cromo vi, plomo, mercurio	Con intermediario certificado o donación	A1180
Residuos peligrosos –infeccioso	<b>TRA CA OFI</b>	Elementos contaminados con fluidos corporales Fármacos vencidos o parcialmente consumidos	Gasas, algodones, jeringas, agujas, medicamentos, entre otros Infecciosos	Con intermediario certificado	Y3
Residuo peligroso-químicos	<b>TRA CA</b>	Envases posconsumo de productos químicos.	De acuerdo con el residuo del cual estén impregnados los envases puede ser inflamable o toxico.	Con intermediario certificado propio o del cliente	Y6, Y12, A4070

Tipo	Origen	Descripción	Característica	Disposición final	Código Anexo I- Dec. 4741/05
Residuo peligroso-químicos	<b>OPE CA</b>	Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua.	Desperdicios de papel, trapos u otros materiales impregnados con grasa, aceite lubricante. -Elementos de protección personal (botas, overol, guantes, etc)	Con intermediario certificado.	Y9, A4060
Residuos peligrosos –infeccioso	<b>TRA CA OFI</b>	Fármacos vencidos o parcialmente consumidos	Gasas, algodones, jeringas, agujas, medicamentos, entre otros	Con intermediario certificado	Y3

**OFI: Oficina administrativa**  
**CA: Centro de acopio**  
**TRA: Trapiche**

#### 4.2 MARCO CONCEPTUAL

- **Economía circular:** Sistemas de producción y consumo que promueven la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales y la extensión de la vida útil a través de la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible. (Fundación Ellen McArthur)
- **Caña de azúcar:** *Saccharum officinarum*; es una gramínea, se encuentra presente en regiones tropicales y subtropicales, mediante la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y jugo de sacarosa, el cual es extraído y cristalizado para producir una amplia gama de derivados (Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar, 2015)

- **Producción de panela:** Actividad agrícola desarrollada en explotaciones que, mediante la utilización de trapiches, tengan como fin principal la siembra de caña con el propósito de producir panela y mieles vírgenes para el consumo humano, y subsidiariamente para la fabricación de concentrados o complementos para alimentación pecuaria. (Ley 40, 1990)
- **Trapiche:** Es un molino utilizado para extraer el jugo de determinados frutos, para efectos de este trabajo serán los especializados en el procesamiento de la caña de azúcar.
- **Agricultura tecnificada:** Incorpora diversas tecnologías y soluciones avanzadas que permiten ser más eficiente, permitiendo que negocios agrícolas sean rentables. (Agroptima, 2019).

### 4.3 MARCO ESPACIAL

El municipio de Nocaima y sus tierras se ubican en el piso térmico templado. El Municipio presenta como divisiones administrativas tradicionales el sector urbano determinado por el perímetro urbano, el núcleo básico de Tobia Chica, ubicado en la Vereda de Tobia, sobre la Autopista Medellín, el núcleo básico rural de Las Mercedes, el centro poblado el Pesebre y el sector rural el cual está conformado por 21 Veredas (Baquero, Naranjal, Cañutal, San Agustín, Centro, San Cayetano, Cocunche, Santa Bárbara, Fical, San Pablo, Jagual, San José, La Florida, San Juanito, La Concepción, Tobia, Loma Larga, Vilauta, El Cajón, Volcán, Las Mercedes)

#### **Límites del municipio:**

El Municipio de Nocaima, limita al norte con los municipios de Nimaima y Vergara, al oriente con Vergara y la Vega, al sur con La Vega y Sasaima y al Occidente con Villeta y Nimaima.

Extensión total: Nocaima tiene una extensión territorial de 69 Km<sup>2</sup>

- Extensión área urbana: 3 Km<sup>2</sup>
- Extensión área rural: 66 Km<sup>2</sup>

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): Nocaima se encuentra a una altitud de 1100 m.s.n.m.

Temperatura media: El Municipio presenta una temperatura media de 24°C. en la mayor parte del territorio, con una precipitación media anual aprox. de 1760 m.m. ° C

Distancia de referencia: Nocaima se encuentra a 66 Km de Bogotá D.C

De acuerdo al planteamiento del problema y los objetivos propuestos, el ámbito en el que se enmarca la investigación descrita es en 2 trapiches (convencional y orgánico) ubicados Tobia Chica y un centro de acopio de la asociación de productores ASOPROPANOC del municipio de Nocaima en Cundinamarca, describiendo así alternativas sostenibles que se puedan implementar en diferentes productores paneleros.

## CARTOGRAFÍA BÁSICA DEL MUNICIPIO DE NOCAIMA

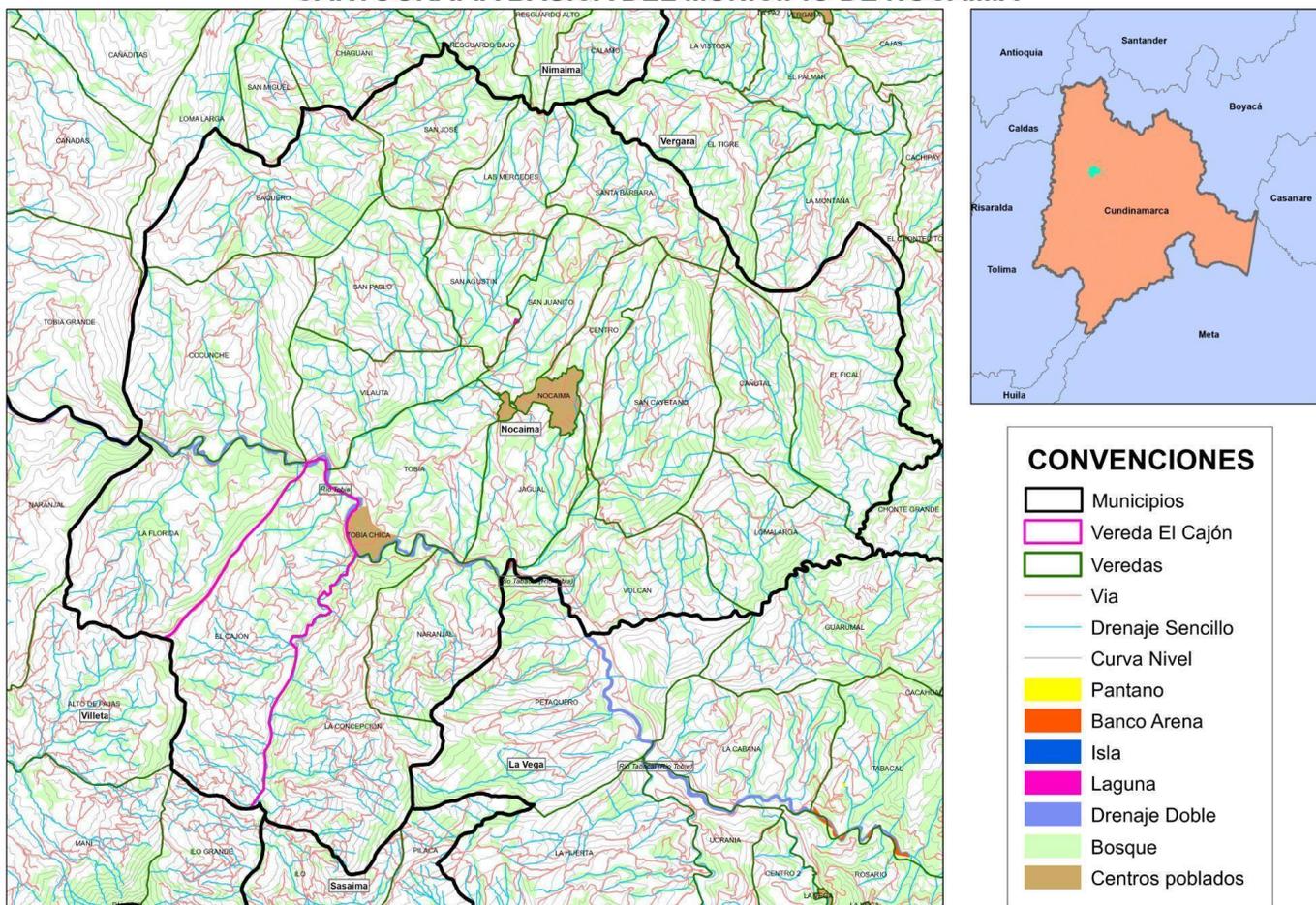


Diagrama N° 5 Mapa de ubicación Nocaima

Fuente: Autor

### 4.4 MARCO LEGAL

- **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”
- **Decreto 948 de 1995:** “En relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire”

- **Resolución 16379 de 2003:** “Por la cual se reglamenta el control metrológico del contenido de producto en preempacados”
- **Resolución 5109 de 2005:** Por el cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano.
- **Resolución 333 de 2011:** Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado nutricional que deben cumplir los alimentos envasados para consumo humano.

## 5 DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se realizará bajo una metodología de I+D+I (Investigación, Desarrollo e Innovación), así que se utilizarán fuentes primarias y secundarias de la información, por lo que este proyecto se va a dividir en las siguientes fases de desarrollo:

### 5.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

ETAPA	ACTIVIDADES PROPUESTAS
<b>Etapa 1:</b>  Diagnosticar el proceso de producción actual en el ingenio panelero de la asociación ASOPROPANOC ubicada en Nocaima, Cundinamarca, determinando sus impactos ambientales y consumo de recursos naturales.	Determinación de antecedentes y estudio de actores
	Recopilación de información actual sobre los procesos productivos de panela
	Visita de trabajo a trapiches
	Determinar impactos ambientales y elaboración de Matriz de aspectos e impactos ambientales significativos.
	Caracterización del proceso productivo, consumos de materiales y recursos naturales.
	Verificación de procesos de preparación del suelo, cultivo, mantenimiento, cosecha y postcosecha.
<b>Etapa 2:</b>	Identificación de tecnologías presentes, precisando consumos de recursos y tiempos de producción.

ETAPA	ACTIVIDADES PROPUESTAS
<p>Diseñar un proceso alternativo sostenible de producción panelera en el trapiche que involucre la circularidad de materiales, la reducción de impactos ambientales y la optimización de recursos naturales.</p>	<p>Identificación de la eficiencia de materias primas y energías por medio de balances.</p>
	<p>Verificación de las necesidades en la producción panelera del trapiche.</p>
	<p>Diseñar el modelo de línea productiva del trapiche, optimizando espacio y recursos</p>
	<p>Diseño de estrategias de reducción para los riesgos laborales identificados</p>
<p><b>Etapas 3:</b></p> <p>Formular indicadores de desempeño ambiental soportados con la NTC ISO 14031 de 2021, que permita la medición en la reducción de los consumos de energía y agua en el proceso de producción en el trapiche, que involucre la circularidad de materiales y mitigue los impactos ambientales generados en el proceso</p>	<p>Identificación de equipos que cumplan con la característica de eficiencia de energía y tiempo de trabajo.</p>
	<p>Diseño del balance de materiales y energía implementando circularidad de materiales</p>
	<p>Propuesta de implementación de tecnologías limpias</p>
	<p>Determinación de estrategias de reducción de consumos de energía y agua en el proceso panelero</p>
	<p>Formulación del tablero de indicadores donde tecnifique las alternativas de reducción de consumo de energía y agua durante el proceso.</p>

*Tabla N° 5 Etapas desarrollo del proyecto de investigación*

*Fuente: Autor*

### **5.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

La técnica de recolección de información se realiza por medio de fuentes primarias y secundarias como listas de chequeo (anexo), entrevistas, observación directa, visitas al lugar de estudio. Y como fuentes secundarias artículos, investigaciones.

#### **5.3.1 Fuentes primarias**

Se considera como fuentes de información aquellas que son de carácter original, para el tema de investigación se consideran como fuentes primarias, las visitas a los trapiches, información directamente del personal, para la recopilación de datos se hizo uso de entrevistas, listas de chequeo.

También se considera fuente de información primaria la observación directa, la información recopilada por parte de las autoras directamente en el lugar de estudio (trapiches), donde se identifica el proceso productivo en cada una de las etapas, cantidad y frecuencia de la producción, generalidades (nombre del trapiche, equipos utilizados, cantidad de producción, residuos generados, demanda (parcial) de recursos naturales).

#### **5.3.2 Fuentes secundarias**

Las fuentes secundarias de información implementadas en la investigación se dan por revisión bibliográfica, recopilación de la información, antecedentes del tema de investigación, artículos de producción en el sector panelero. Donde se pudo recopilar que es un tema de suma importancia para el país que ha sido más exhausta su investigación por el incremento en la demanda debido al consumo que se ha venido presentando en los últimos años, así como también su interés por contribuir en un sistema de producción sostenible.

#### **5.4 DELIMITACIÓN Y ALCANCE**

Para la delimitación y alcance del tema de estudio se limitó al diagnóstico en la circularidad de materiales dentro de la producción panelera del trapiche 1 siendo este de tipo orgánico, el trapiche 2 siendo de tipo convencional y el centro de acopio de la asociación ASOPROPANOC en el municipio de Nocaima, dentro del cual se identificaron las fases en la producción del sector panelero, los impactos que este genera, maquinaria que es utilizada, cantidad y frecuencia de producción, lo que permitió proponer alternativas de circularidad de los materiales contribuyendo así a la economía circular dando el valor agregado de producción sostenible.

Por otro lado, las limitaciones que se presentan en el tema de investigación

Así mismo, el tema de investigación se limitó a los trapiches visitados, no obstante, se pretende dar alternativas en la reducción de demanda en recursos naturales que pueda llegar a ser implementado en la producción de panela en general.

#### **5.5 POBLACIÓN Y MUESTRA**

Asopropanoc cuenta con 47 productores asociados a lo largo del municipio, en los cuales se lleva a cabo la producción de dos tipos, (Convencional y orgánica), debido al objetivo propuesto en el proyecto se busca conocer los diferentes tipos de producción de la asociación, para ello se toma como muestra un trapiche que maneje cada tipo de producción, es decir, un trapiche convencional, un trapiche orgánico y el centro de acopio donde se lleva toda la producción para realizar la manufactura del producto y su distribución. Si bien, la cantidad de producción de los trapiches varía dependiendo el productor, las entradas y salidas de materia prima es la misma, varían las cantidades únicamente. Así mismo al llegar al centro de acopio se distribuyen y comercializan la producción orgánica en su mayoría, debido a que la comercialización de la panela convencional en presentación de bloque o pastilla en su mayoría es de venta directa.

Por otro lado, para el tema de investigación se toman en cuenta cantidades de producción de los trapiches visitados, por lo anterior lo trapiches escogidos son:

El trapiche de producción orgánica ubicado en la vereda El Cajón y el trapiche de producción tradicional ubicado en la vereda Buenos Aires, así como el centro de acopio ubicado en el municipio de Nocaima, Cundinamarca.

Siendo estos 3 lugares suficientes para el desarrollo del análisis del tema de investigación, lo que da a lugar y como resultado una comparación de los diferentes tipos de producción y así facilitando la información que se requiere para el objetivo del proyecto propuesto.

## **6. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL PROCESO**

### **6.1 Caracterización de la zona de estudio**

La zona de estudio se encuentra ubicada en el municipio de Nocaima, Cundinamarca, ubicado en las coordenadas **Latitud:** 5° 4'9.46"N y **Longitud:** 74°22'40.81"O, en la provincia de Gualivá a 67 km del noroccidente de Bogotá el cual cuenta con un clima 24°c en promedio y una altitud de 1.200 msnm. Cuenta con la población total de 8004 habitantes de los cuales 1858 son de zona urbana y el restante de zona rural a lo largo de su extensión de superficie de 66  $km^2$  en total.

El municipio de Nocaima cuenta con una precipitación aproximadamente promedio anual de 1760 mm. Es un sector urbano determinado por el perímetro urbano, ubicado sobre la autopista Medellín.

El sector rural cuenta con 21 veredas las cuales son: Baquero, Naranjal, Cañutal, San Agustín, Centro, San Cayetano, Cocunche, Santa Bárbara, Fical, San Pablo, Jagual, San José, La Florida, San Juanito, La Concepción, Tobia, Loma Larga, Vilauta, El Cajón, Volcán, Las Mercedes.

La investigación se desarrolla en el trapiche 1 de tipo tradicional en la vereda Buenos Aires, trapiche 2 de tipo orgánico en la vereda El Cajón Finca El Ventorrillo, estos 2 ubicados en Tobia Chica, y centro de acopio Cra 6ª. N° 2-119.

La principal actividad económica que se desarrolla en el municipio es el cultivo de la caña de azúcar y la elaboración de la panela, la cual tiene un proceso artesanal en múltiples enramadas situadas a lo largo del municipio y cuya comercialización se realiza básicamente los fines de semana en el municipio; la mayor parte de su producción es desplazada a la capital.

También hay cultivos alternos, aunque en menor cantidad, destacándose básicamente los frutales, el plátano, el café y algunas legumbres y hortalizas que son en su mayoría para autoconsumo. La avicultura, la piscicultura, capricultura y la cría de ganado porcino y vacuno vienen en continuo aumento, mejorando las oportunidades nutricionales para la población. El comercio y las pequeñas industrias también enmarcan un ítem importante en el municipio. (Alcaldía del municipio, 2021).

La vereda el Cajón se encuentra en el municipio de Nocaima, la visita al trapiche finca Ventorillo de tipo orgánico, se realiza en esta vereda debido a la disponibilidad de producción de la fecha de la visita

## CARTOGRAFÍA BÁSICA DE LA VEREDA EL CAJÓN EN EL MUNICIPIO DE NOCAIMA

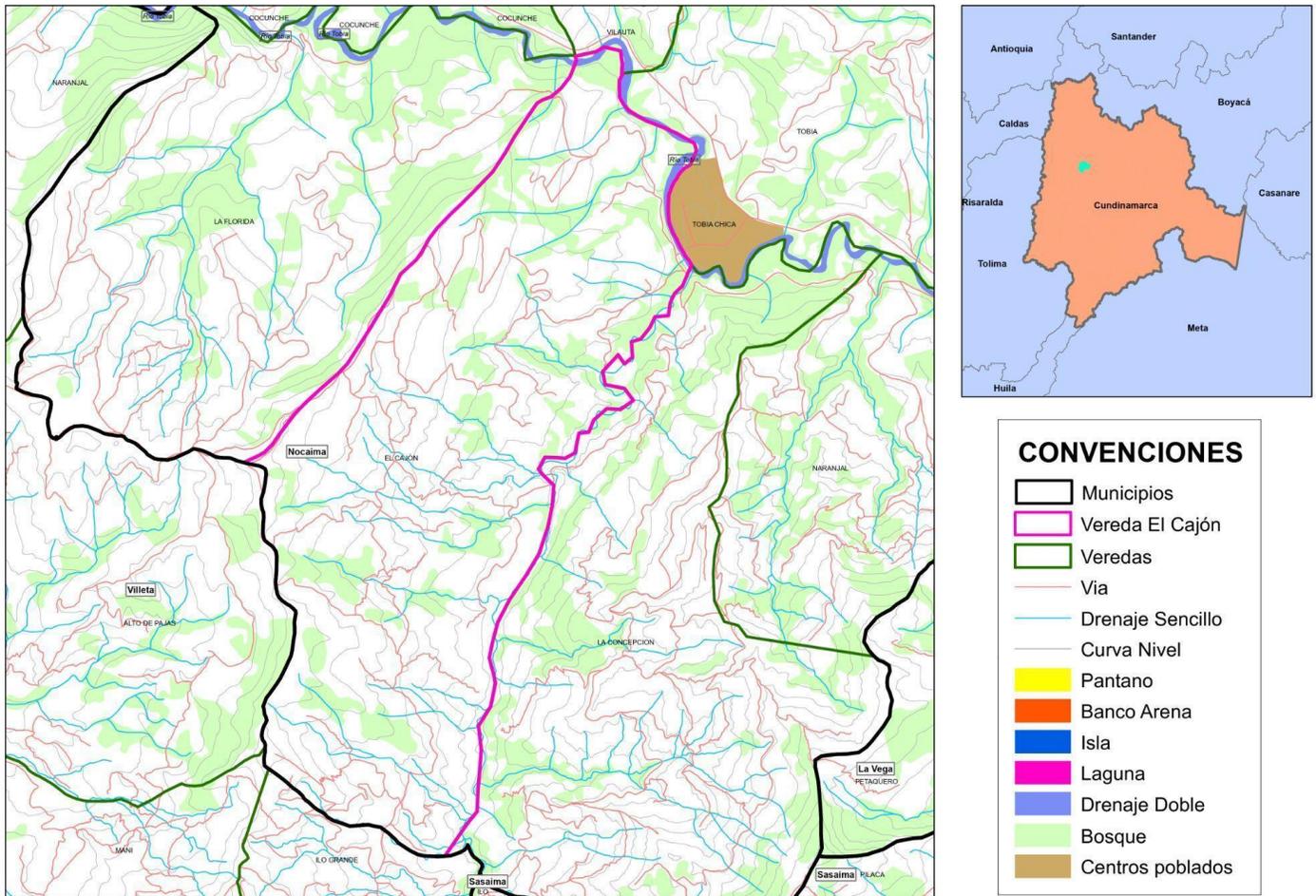
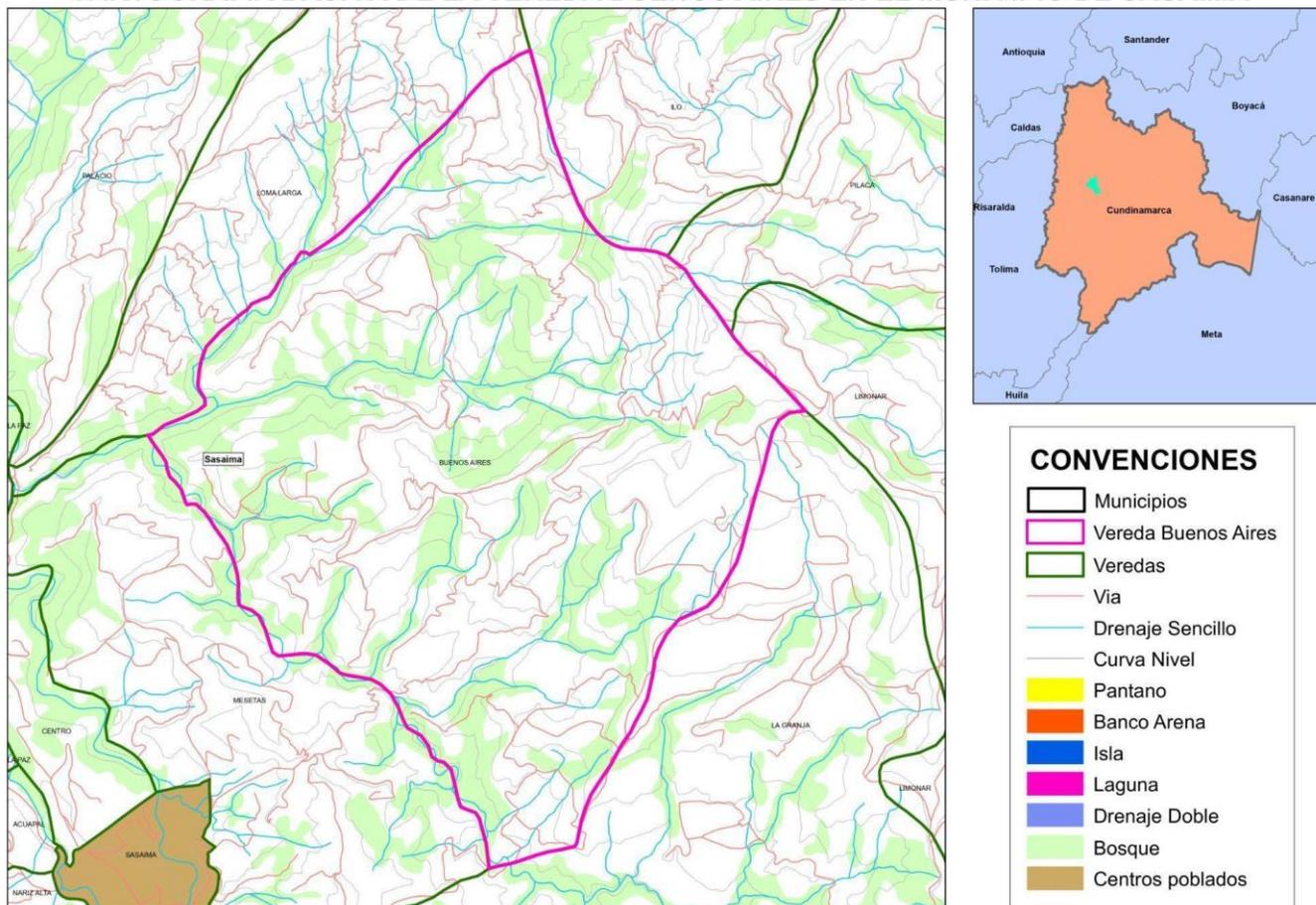


Diagrama N° 6 Cartografía Básica Vereda El Cajón- Municipio de Nocaima Cundinamarca

Fuente: Autor

## CARTOGRAFÍA BÁSICA DE LA VEREDA BUENOS AIRES EN EL MUNICIPIO DE SASAIMA



*Diagrama N° 7 Cartografía Básica Vereda Buenos Aires- Municipio de Nocaima límites Sasaima Cundinamarca*

*Fuente: Autor*

## 6.2 ETAPAS PROCESO PRODUCTIVO PANELERO

### 6.2.1 Corte de caña y prone del material

Para el corte se tienen en cuenta el grado de madurez de la caña, en este caso se miden entre los 16 - 17 °Brix, el cual mide el grado de maduración y concentración de la sacarosa en la caña de azúcar, al seleccionar las cañas se cortan y trasladan al punto de acopio,

donde se realiza el proceso de pronte de material, donde se retiran las hojas verdes y secas y se deja lista la caña para iniciar con la molienda.

Las hojas verdes son acopiadas en un punto destinado para la obtención de compostaje.



*Imagen N°1 Proceso de corte y pronte de caña*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

### **6.2.2 Molienda (Trapiche) Obtención de los jugos**

La caña de azúcar es sometida a un proceso de extracción del jugo de la caña, pasando la materia prima por un molino (trapiche) , en este proceso queda como resultado el bagazo (fibra vegetal) que queda al final de la molienda y el bagacillo, el cual se lleva al área de secado para que posteriormente se utilice como combustible vegetal en la generación de calor en los hornos.



*Imagen N°2 Proceso de molienda de caña*

Fuente: Autor 25/02/2023

### **6.2.3 Filtración**

En este punto es importante filtrar el jugo de la caña obtenido en la molienda con el fin de retirar las impurezas que pudieran estar contenidas en el jugo de la caña, dependiendo del trapiche, se pueden instalar entre 1 y 4 filtros en los diferentes puntos de cocción del jugo para garantizar la calidad del producto final



*Imagen N°3 Proceso de filtración de caña*

Fuente: Autores 25/02/2023

### **6.2.4 Clarificación**

Al tener el producto resultante de la filtración y el material con menos impurezas, pasa por el proceso de clarificación, mediante este proceso se busca eliminar del jugo la mayor

cantidad de sólidos suspendidos; este proceso es similar al de la coagulación, el objetivo es aglomerar las pequeñas partículas para que sea mucho más sencilla la extracción para lograr esto se agrega un aglutinante natural que se extrae de mezclar corteza macerada de guásimo “Guazuma ulmifolia” la cual se mezcla con agua y se agrega al jugo de caña previamente filtrado, al iniciar el proceso de aglutinamiento de los sólidos suspendidos estos se extraen. El residuo resultante de este proceso se le conoce como “Cachaza” la cual se somete a cocción y puede ser empleada para alimentar caballos o cerdos.



*Imagen N°4 Proceso Clarificación de caña*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

### **6.2.5 Calentamiento**

Con este proceso se busca obtener el mejor llamado “Melao” el jugo de la caña de azúcar ya libre de impurezas y sólidos en suspensión es sometido a temperaturas que superan los 100°C, al alcanzar el punto de ebullición, se evapora el agua contenida en el jugo, dejando como resultado el Melao o Meladura clarificada.



*Imagen N°5 Proceso de Calentamiento*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

### **6.2.6 Concentración**

En esta segunda fase de calentamiento el melao ingresa a un horno o caldera que normalmente se opera con una temperatura de 100°C, con este proceso se busca evaporar una mayor cantidad de agua que aún se encuentra presente en el melao dando como resultado una sustancia que es similar al caramelo que en el proceso de producción de panela se le conoce como magma.



*Imagen N°6 Proceso de concentración*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

### 6.2.7 Cristalización

En esta parte final del proceso, el magma que como se mencionó en el anterior proceso, tiene una viscosidad muchísimo mayor y la materia prima se encuentra muy concentrada, es ingresada en un caldero donde es mezclada a altas temperaturas para facilitar el mezclado, en este punto el magma empieza a tomar una textura de cristal y al mismo tiempo también se ve como si fuera una masa, al estar sometida a altas temperaturas es de fácil manipulación.



*Imagen N°7 Proceso de cristalización*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

### 6.2.8 Moldeo del magma (Producción tradicional)

Usualmente para la producción tradicional de panela se emplean moldes para dar forma de pastilla o bloque a la panela, el magma se vierte en los moldes y se deja enfriar.



*Imagen N° 8 Proceso de moldeo*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

## 6.3 PRODUCCIÓN ORGÁNICA

En el caso de la producción orgánica, se manejan distintas presentaciones de la panela como producto final, para el caso de este estudio se produce panela pulverizada, granson y granulada y otros derivados como los snacks para caballo, es importante mencionar que el proceso de extracción, filtración, calentamiento concentración y cristalización es el mismo y las variaciones se evidencian con el manejo del magma y el consumo de agua en la producción, ya que la producción de panela pulverizada se maneja en seco:

### 6.3.1 Volteo

El magma es filtrado una vez más, el producto es depositado en una batea donde con ayuda de unas palas se realiza el volteo, del magma, se adiciona bicarbonato de sodio y se voltea por alrededor de 20 minutos, hasta que baja la temperatura y comienza la solidificación, el volteo permite que se solidifique en partículas con tamaño similar a la gravilla.



*Imagen N°9 Proceso de volteo*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

### 6.3.2 Tamizajes y triturado

Al disminuir la temperatura del producto, se pasa por un primer tamiz grueso el cual produce el una primera producción de “Granson”.



*Imagen N°10 Proceso de tamizado y triturado*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

El granson resultado del primer tamizaje, pasa por un proceso de triturado empleando un rodillo, para posteriormente volverlo a pasar por un tamiz mediano, la panela de tamaño entre mediano y pequeño se conoce como “Granulado”



*Imagen N°11 Proceso de tamizado y triturado*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

Finalmente, el tamizado más fino se conoce como pulverizado, estos tres productos son embalados en costales de 20 kilogramos de capacidad y trasladados al centro de acopio para el proceso de manufactura.



*Imagen N°12 Proceso de tamizado y triturado*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

### **6.3.3 Otros derivados**

Al mezclar magma de panela con material vegetal y vitaminas, esta masa se coloca en moldes semicirculares hasta que baje su temperatura para producir snacks para caballos.



*Imagen N°13 Derivados del proceso panelero*

*Fuente: Autor 25/02/2023*

## **6.4 CENTRO DE ACOPIO**

### **6.4.1 Zaranda**

En el Centro de acopio de la asociación panelera se utiliza una zaranda para tamizaje de tipo semi automática (ya que no requiere gran demanda de personal, es de tipo mecánico) que tiene como finalidad la separación de los granos más gruesos, donde los granos más

gruesos quedan en la malla del tamiz y los más finos atraviesan el colador siendo así está la materia prima seleccionada para la producción de panela pulverizada de sabores o insabora.



*Imagen N°14 Maquinaria Zaranda Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

#### **6.4.2 Rodillo moledor**

Es un equipo, el cual toma los granos más gruesos del proceso anterior y lo tritura pasando por el medio de los dos rodillos giratorios que hacen contacto con una base donde los granos más gruesos se dejan en granos más finos para seguidamente ser tamizados.



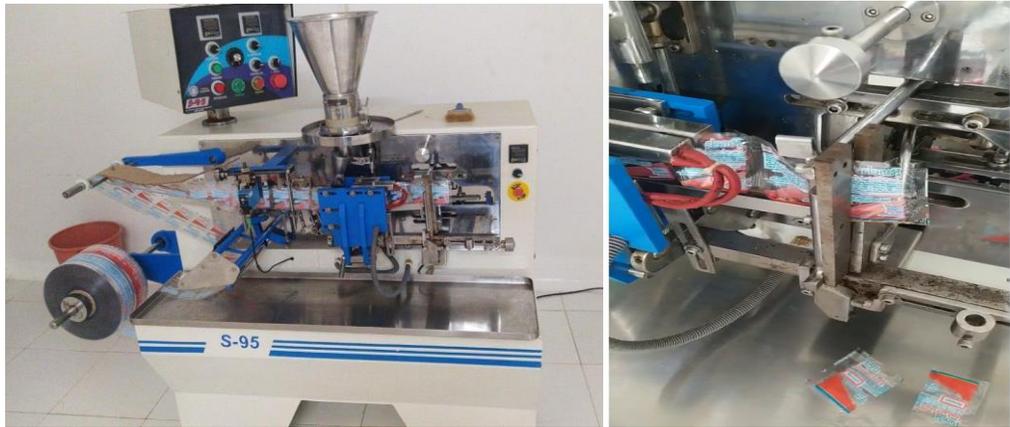
*Imagen N°15 Maquinaria Rodillo Moledor Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

### **6.4.3 Empacadora sachet**

Es un tipo de maquinaria que mide e inserta una cantidad deseada de producto (panela pulverizada de sabores) en cada bolsa y sella el contenido para obtener un producto consistente y de aspecto profesional.

Esta mide automáticamente el volumen que debe contener cada sachet y así cortando cada uno de forma individual cada una con un contenido de 7g.



*Imagen N°16 Maquinaria Empacadora Sachet Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*



*Imagen N°17 Producto final Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

#### 6.4.4 Horno

Los hornos se utilizan cuando la producción de panela llega con humedad (dependiendo del trapiche donde se coseche), al ser un proceso de tipo orgánico la panela tiende a obtener una tonalidad más oscura de la normalmente comercializada (esto al ser cosechada en terreno con pendiente). Y de tonalidad más clara (cuando es cosechada en terreno sin pendiente).

La panela pulverizada es colocada en una bandeja de aluminio, en esta etapa del proceso se agregan saborizantes (Maracuyá, jengibre, limón y frutos rojos).

El horno se debe poner en funcionamiento únicamente con la puerta cerrada y se debe realizar un proceso de calentamiento donde se empieza con 50°C, seguidamente se aumenta la temperatura a 100°C y por último a 150°C durante 20 minutos, esta gradualidad de temperatura se realiza con el control de temperatura que tiene al costado derecho el horno.



*Imagen N°18 Horno Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

#### **6.4.5 Selladora de calor 1**

La panela de bloque, bloquelon y pastillas es empacada en selladora de calor como se evidencia en la imagen, la cual por medio de dos placas previamente calentadas al hacer contacto con el empaque sella la envoltura, se coloca en la esquina de la selladora para que quede mejor sellado el empaque, para ser pasado a la banda transportadora.



*Imagen N°19 Maquinaria Empacadora al Vacío Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

#### **6.4.6 Selladora en vacío/Banda transportadora**

Seguidamente de ser sellados las envolturas en la selladora de calor, cada uno de los paquetes es transportado por la banda transportadora, pasando por el túnel que está previamente calentado a una temperatura de 160°C siendo la adecuada para que el empaque no se rompa, donde la finalidad de este equipo es sellar al vacío para que quede sin ningún tipo de aire el empaque y así evitar que llegue que contenga humedad el producto.



*Imagen N°20 Maquinaria Banda Transportadora Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

#### **6.4.7 Selladora de Calor 2**

Es utilizado para sellar empaque de mayor cantidad de panela pulverizada, la temperatura ideal para sellar este tipo de empaque es de 120°C, el contenido de estas es de 500g.



*Imagen N°21 Maquinaria Empacadora Sachet Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

#### **6.4.8 Balanza**

Equipo utilizado para medir la masa de los productos de panela pulverizada, así como bloque, bloquelón y pastilla.



*Imagen N°22 Balanza Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

#### **6.4.9 Etiquetadora/Loteadora**

Es un equipo utilizado para fechar y lotear los productos que lo requieran, el cual en su impresión queda fecha de caducidad, tabla de componentes, número de lote, hora de fabricación y demás datos requeridos.

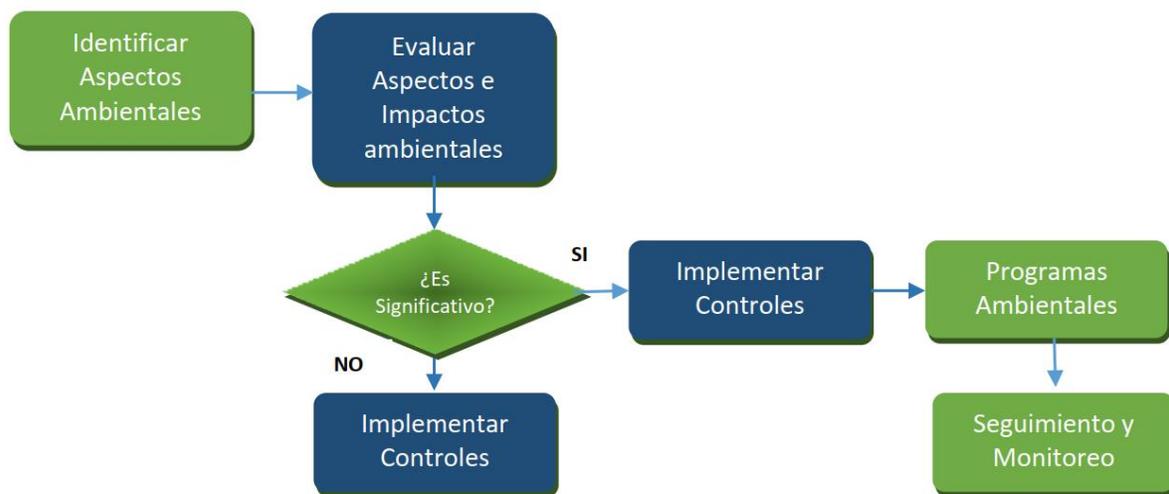


*Imagen N°23 Maquinaria Etiquetadora Centro de Acopio*

*Fuente: Autor 11/03/2023*

## 6.5 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS PROCESOS

El desarrollo del diagnóstico se dio por medio de una matriz de evaluación de aspectos e impactos ambientales significativos (MAAS) donde se valoraron por separado cada uno de los aspectos que tienen relación con el proceso de producción, contemplando cada una de las etapas del ciclo de vida del producto, desde su adquisición hasta la disposición final, a continuación, se muestra un esquema general del proceso.



*Diagrama N° 8 Esquema general del proceso de identificación y valoración de aspectos e impactos ambientales.*

La información de entrada para garantizar el cubrimiento de la totalidad de las actividades se consolida en:

- Descripción de los procesos productivos y asociación de actividades.
- Según la actividad se identifican condiciones de operación normal, anormal o de emergencias y eventos como accidentes.

### 6.5.1 CONTENIDO TEÓRICO DE LA MATRIZ DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

Está conformado por las 7 primeras columnas a saber:

**Columna No. 1:** Proceso / Subproceso

Proceso al que pertenece la actividad y el aspecto identificado.

**Columna No. 2:** Actividad.

Actividad o servicio involucrado, por el cual se genera el aspecto ambiental.

**Columna No. 3:** Tipo Aspecto Ambiental.

Elementos de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el ambiente. Son expresados en términos de:

- Consumo de Agua.
- Consumo de Combustibles
- Consumo de Recursos no Renovables.
- Consumo de recursos renovables
- Consumo de Energía Eléctrica.
- Consumo de material de cantera.
- Inversión Social.
- Derrames o Fugas de fluidos industriales o combustibles.
- Emisiones Atmosféricas.
- Generación de Residuos.
- Generación de Radiación térmica.
- Generación de ruido Ambiental.
- Vertimiento de agua o fluidos industriales.

**Columna No. 4:** Descripción.

Descripción del aspecto ambiental que lo caracteriza.

**Columna No. 5:** Condición de Operación.

- **Normal:** Actividad que forma parte de la operación normal de la organización, se ha planificado y es estandarizable.

- **Anormal:** Actividad que no forma parte de la operación normal de la organización, que no se ha estandarizado debido a la diversidad de escenarios y condiciones bajo las cuales pudiera presentarse.
- **Emergencia y/o Accidente:** Situación repentina que no puede ser controlada.

**Columna No. 6:** Impacto Ambiental.

Cualquier cambio en el ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales en el desarrollo de un proceso productivo.

**Están determinados en términos de:**

- Agotamiento de recursos naturales
- Recirculación de residuos naturales
- Calentamiento global y cambio climático
- Contaminación del suelo
- Afectación del ecosistema (Agua, suelo, aire, fauna y flora)
- Contaminación del aire
- Alteración de la fauna y flora
- Aumento de volúmenes de disposición en rellenos.
- Proliferación de vectores
- Materia prima para generación de abonos.
- Generación de olores ofensivos
- Generación de abonos y combustible para hornos
- Generación de abono y melaza
- Fortalecimiento de la economía local
- Mejoramiento de la calidad de vida
- Desplazamiento de especies, pérdida de capa vegetal
- Contaminación del agua.
- Recirculación del recurso hídrico para lavado de locaciones y equipos

**Columna No. 7:** Recurso que impacta

Se describe el recurso que se impacta ejemplo: Fauna, Flora, Agua, Aire, Suelo, Seres humanos, otro recurso natural.

**6.5.2 EVALUACIÓN Y VALORIZACIÓN DE IMPACTOS**

La metodología de evaluación de impactos ambientales es una modificación de la matriz de Leopold propuesta por *Vicente Conesa – Fernández en su libro “Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental”*

La valoración es cualitativa y se efectúa en una matriz de causa efecto, en las cuales las columnas corresponden a las características del impacto y las filas corresponden a los aspectos ambientales identificados.

**La valoración está comprendida por 7 columnas, que son:**

**Columna No. 8:** Naturaleza. (N)

Carácter beneficioso o perjudicial del impacto ambiental. Teniendo en cuenta la naturaleza, el impacto puede ser:

Positivo o benéfico (+)

Negativo o perjudicial (-)

**Columna No. 9:** Extensión – (EX)

Se refiere al área del entorno socioambiental que en teoría se vería afectada por el impacto generado sobre una variable específica. La cobertura de los impactos depende de las actividades que se ejecutan y las condiciones socioambientales del área donde se desarrolla la actividad.

Los impactos pueden ser puntuales, locales, regionales y nacionales

**Columna No. 10:** Efecto – EF, (Relación causa – efecto)

Forma de manifestación del impacto ambiental. Atributo referido a la relación causa – efecto.

**Columna No. 11:** Periodicidad – (PR)

Se refiere a la regularidad de manifestación del impacto ambiental; sea este positivo o negativo se valora igual.

**Columna No. 12:** Recuperabilidad (RC)

Posibilidad de que el recurso ambiental afectado retorne, total o parcialmente, a las condiciones iniciales previas al aspecto ambiental, por medio de la intervención humana.

Se determina en función del tiempo que transcurre desde que se introducen las medidas correctoras hasta que el recurso ambiental afectado retorna a las condiciones iniciales.

Las manifestaciones de los impactos con carácter positivo presentan un mayor efecto cuando la recuperabilidad tarda mayor tiempo, es decir que las consecuencias benéficas perduran en el tiempo.

**Columna No. 13:** Requisitos legales o de otra índole (RL)

Dicho aspecto hace referencia a el cumplimiento de requisitos legales o de otra índole en esta columna se selecciona SÍ; si existe un requisito legal a cumplir y NO si no existe el requisito legal.

Los requisitos legales específicos o de otra índole que están asociados a la manifestación del impacto ambiental. Es de aclarar lo siguiente: si hay regulación ambiental, el aspecto ambiental está más controlado; en caso contrario, el aspecto ambiental no tiene límites que garanticen su cumplimiento.

**Columna No. 14:** Partes Interesadas (PI)

Manifestación de inquietudes, peticiones, quejas y/o reclamos relacionados con la ejecución del servicio/actividad realizada.

**Columna No. 16: Significancia**

El verdadero objeto de la valoración es analizar el orden de importancia en el cual se manifiestan los impactos ambientales resultantes de la actividad / servicio ejecutado

**Parte A:** significancia técnica. Se relaciona con la importancia de los cambios inducidos por el proyecto frente a una perspectiva del juicio de los expertos que evalúan.

**Parte B:** la significancia institucional. Está dada en cuanto algunos de los recursos o atributos ambientales son reconocidos como importantes desde el punto de vista legal o reglamentario.

**Parte C:** la significancia pública. Se relaciona con la aceptabilidad por parte de los grupos afectados, de los cambios inducidos por el proyecto en los diferentes componentes del ecosistema y los atributos socioeconómicos.

$$SA = N*(EX + EF + PR + RC + RL + PI)$$

Parte A                      Parte B Parte C

La significancia se expresa de la siguiente manera:

La significancia del impacto ambiental calculado con la anterior ecuación puede tomar valores entre 6 y 36, y se determina la significancia según la siguiente escala:

Valor Asignado	No Significativo	Significativo
	[6-20)	≥ 20

Un impacto significativo se da cuando la significancia técnica está condicionada por los mayores valores posibles de los cuatro criterios evaluados.

### **Columna 17:** Etapa del ciclo de vida

Cada aspecto será clasificado en una de las etapas anteriores y se tendrá en cuenta en la columna 17 de la matriz de aspectos e impactos ambientales.

El ciclo de vida hace referencia a las diferentes etapas que tienen los productos o servicios que terminan con la disposición final de los aspectos ambientales con el fin de disminuir en cantidad y significancia los impactos ambientales que se pueden causar.

### **Determinación de Controles**

Una vez valorado el impacto ambiental, es necesario establecer medidas con el propósito de prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales identificados.

Basado en las medidas de eliminación / sustitución, controles de ingeniería y controles administrativos.

Los controles de los aspectos ambientales se incluyen en las respectivas columnas de la No. 18 a la 20



*Diagrama N° 9 Medidas de eliminación/sustitución, controles de ingeniería y controles administrativos.*

**Columna No. 21:** Responsable.

Quien es el encargado de implementar los controles que inciden en la ocurrencia del impacto ambiental.

## **6.6 ANÁLISIS DE ASPECTOS POSITIVOS Y NEGATIVOS EN LAS ACTIVIDADES Y PROCESOS**

### **6.6.1 Aspectos positivos**

Es importante recalcar el proceso de certificación de producción orgánica, debido a que esta conlleva más aspectos positivos desde el punto de vista del cambio en el tipo de producción, materia prima, insumos, cultivos orgánicos, esto garantiza una acogida en el mercado al ser un producto 100% orgánico que representa un beneficio económico.

La implementación de nuevas tecnologías en los equipos es un aspecto importante de resaltar de ASOPROPANOC, debido al cambio que se ha venido presentando en los diferentes procesos de la producción, uno de ellos es el cambio de la zaranda mecánica por una zaranda semiautomática, esto mejora el rendimiento de la producción durante el proceso de tamizaje, ya que se minimizar tiempos de tamizado y disminuye el riesgo laboral del personal que desarrollaba esta actividad, puesto que ahora solo es un funcionario el que se ocupa de garantizar que el equipo funcione correctamente.

Así mismo, en el ámbito laboral, la generación de empleo, la vinculación de productores locales que en su mayoría son núcleos familiares, el apoyo a los mismo en distribución y comercialización de los productos.

En las fincas de producción se evidencia la implementación de protocolos de bioseguridad y manejo de alimentos, lo que garantiza un producto final confiable, la estructura de los trapiches, si bien es artesanal, el proceso de producción de panela tiene las bases para aplicar como un proceso de economía circular de ciclo cerrado, ya que durante el proceso de producción los residuos que se generan se recirculan

en otras etapas del proceso, por ejemplo, el bagazo seco se utiliza como combustible para generar energía térmica en los hornos.

Existen usos actuales que se dan a la generación de residuos sólidos, especialmente los de tipo orgánico aprovechable, para este caso puntual la hoja verde producto del proceso de impronta se utiliza para generar abonos, la cachaza producto de la molienda de la caña, al secarse se emplea como un combustible para el funcionamiento de las hornillas, a su vez, las cenizas generadas, se emplean para abonar los suelos, aportando nutrientes a los cultivos de caña.

Las infraestructuras de los trapiches representan una oportunidad de aprovechamiento de recurso hídrico, ya que hay un sistema básico de captación de agua lluvia, misma que puede ser empleada para realizar el lavado de instalaciones.

#### **6.6.2 Aspectos negativos**

Si bien, el proceso de producción no es permanente, esto hace que la mano de obra no tenga una continuidad, por lo que la modalidad de contratación se lleva a cabo al destajo, aumentando la posibilidad de vulnerar los derechos laborales de las personas que prestan un servicio, teniendo en cuenta que no existen garantías frente a las prestaciones sociales que los cobije en caso de un accidente laboral. Por otra parte, se evidencia una falta de controles en salud y seguridad en el trabajo ya que los trabajadores se enfrentan a varios riesgos como: exposición a ruidos que superen los decibeles máximos, exposición a fuentes de calor radiado, por ejemplo, el funcionamiento del horno, riesgo osteomuscular por el traslado de la caña para el proceso de la impronta.

Se evidencia un alto consumo del recurso eléctrico, especialmente en el centro de acopio, sin la implementación de controles que permitan un aprovechamiento eficiente y una reducción progresiva del consumo del recurso.

Se observa una falta de procesos de disposición de envases post consumo, de insumos empleados en el mantenimiento de los equipos empleados para el desarrollo de la producción.

El proceso de molienda dura alrededor de 12 horas continuas, el funcionamiento del trapiche genera ruidos fuertes que pueden afectar a las personas, mismas que no evidencian uso de protectores de seguridad auditivos para la exposición de este tipo de ruido.

Las hornillas son alimentadas con bagazo seco, que si bien, este puede ser un ejemplo de la recirculación de los residuos dentro del mismo proceso, a su vez, al utilizar como combustible materia orgánica se produce un alto porcentaje de material particulado emitido a la atmósfera.

## **6.7 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE CADA UNO DE LOS TRAPICHES VISITADOS Y GENERAL**

El diagnóstico nos permite visualizar el estado en que se encuentra la organización (ASOPROPANOC Trapiche 1 (Tradicional-Finca Buenos Aires), Trapiche 2 (Orgánico-Finca Ventorrillo) y el centro de acopio ubicado en la plaza principal de Nocaima, en relación con el medio ambiente, proporciona información de cómo afectan sus actividades al entorno, cuáles son sus fortalezas y debilidades, cuáles son los recursos humanos, técnicos ambientales y económicos de que dispone, las prácticas o procedimientos que se llevan a cabo y el tiempo necesario para iniciar el análisis.

En esta fase de diseño el formato de lista de chequeo que permite la caracterización de trapiches, que permite recolectar información y datos como ubicación geográfica, nombre del trapiche, tipo de producción, características físicas, cantidad de producción, cantidad de trabajadores, jornada de trabajo, equipos, cantidad diaria de uso de los equipos, tratamiento y uso de los residuos de la producción, demanda de recursos naturales. (Anexo 1).

Esta información recolectada en campo nos permite construir una matriz de aspectos e impactos ambientales significativos - MAAS, evaluando así todos los aspectos ambientales

relacionados con cada fase del proceso de producción de panela y cuáles son sus impactos, evaluar de manera cuantitativa el impacto de los aspectos ambientales permite tomar decisiones respecto a que controles implementar.

En la MAAS se evaluaron un total de 85 aspectos ambientales divididos en cada una de las etapas del proceso, para este estudio se evaluaron siete procesos, de los cuales se encontró una significancia negativa importante en un total de 7 impactos ambientales donde:

- **Alistamiento de materias primas y equipos:**

Se definió dentro de los criterios para la evaluación de la significancia del impacto que el consumo de combustibles en este caso puntual, el consumo de aceite para realizar el mantenimiento de los equipos, se tuvo en cuenta ni para la calificación, que no se evidencia conocimiento ni práctica por parte de los empleados de los protocolos de acopio temporal y disposición final de este tipo de recursos, en la evaluación tuvo una significancia negativa del impacto de -20.

- **Molienda:**

La generación de ruido generada en el proceso de molienda de la caña de azúcar, de acuerdo con el análisis de sus impactos, se define como un impacto negativo, puesto que el proceso de molienda tiene una duración aproximada de 12 horas de manera continua, esta exposición constante al ruido en las personas puede generar afectaciones a la salud, aunque esta actividad se realice solamente dos veces al mes, se genera un impacto directo a la salud de los trabajadores que ejercen sus labores en la etapa de molienda sin elementos de protección. en la evaluación tuvo una significancia negativa del impacto de -20.

- **Calentamiento:**

El funcionamiento de los hornos cuenta con una característica de recirculación del material vegetal (Bagazo) producto de la etapa inicial del proceso respecto a la molienda, sin embargo, aunque esto es señal de que el proceso maneja

el ciclo cerrado de los materiales, la generación de calor a partir de la combustión de material vegetal produce material particulado que se emite a la atmósfera, en la evaluación tuvo una significancia negativa del impacto de -21.

- **Todos los procesos:**

El alto consumo de energía representa un impacto negativo para el estudio de este proyecto ya que este recurso se consume en varias etapas del ciclo, sin embargo, no se evidenció en la evaluación alternativas de ahorro, disminución del consumo o generación de otras fuentes de energía, por lo que en la evaluación una significancia negativa del impacto de -22.

La evaluación de aspectos e impactos ambientales significativos permitió también realizar la cuantificación de los impactos ambientales positivos en este proceso, esto permite que la herramienta y el resultado sea tenido en cuenta para la toma de decisiones importantes, reconociendo que el proceso de evaluación arrojó un total de 17 impactos positivos dentro de los cuales se encuentran:

- **Generación de empleo y fortalecimiento de la economía local:** Uno de los aspectos más positivos de todo el proceso es la generación de empleo y el fortalecimiento de la economía local, todo esto alrededor de la producción de panela, aunque la generación de empleo se realice al destajo, es decir, no es formal y no cubre las prestaciones sociales, pero sí da la oportunidad de emplear mano de obra no calificada contribuyendo a mejorar sus ingresos, para esta evaluación se encontró este impacto positivo en un total de 10 aspectos ambientales.
- **Generación de abonos y combustibles:** La generación de los distintos residuos durante el proceso tienen las características ideales para que sean aprovechados dentro de procesos de generación de abonos y material para

ser usado como combustible, en la evaluación de aspectos e impactos se identificaron cuatro significancias positivas referentes al aprovechamiento de:

- Hojas verdes, producto de la impronta del material
- Bagazo, producto de la molienda del material
- Melaza, producto del proceso de filtración de jugos de caña
- Cenizas, producto del funcionamiento del horno.

- **Recirculación de materiales dentro del proceso**

En la evaluación se determinó significancia de impacto ambiental positivo para dos aspectos que se adelantan en el proceso de producción:

- Aprovechamiento del bagazo seco para funcionamiento de hornos
- Captación del agua lluvia

Estos materiales cumplen con las características para ser recirculados en nuevamente dentro del proceso, el bagazo seco funciona como combustible para generar energía térmica en los hornos, por otra parte, la captación de agua lluvia se puede emplear para realizar el lavado de las locaciones.

## **7. ALTERNATIVAS DE PRODUCCIÓN SOSTENIBLE PARA MINIMIZAR IMPACTOS AMBIENTALES Y REDUCCIÓN DE RECURSOS NATURALES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN PANELERA**

Se construyen estrategias o alternativas que contribuyen en la disminución del consumo de energía, donde se toman datos oficiales de los trapiches visitados (Trapiche 1 (orgánico), 2 (convencional) y centro de acopio). Donde el modelo de estrategias ayuda a disminuir el consumo en un (5%) y puede ir incrementando de manera gradual.

Para esta fase se pone a consideración los dos tipos de producción de panela es decir tradicional y orgánica, si bien podemos observar que los dos tipos generan a su vez impactos paralelos hasta cierto punto, y otros diferentes.

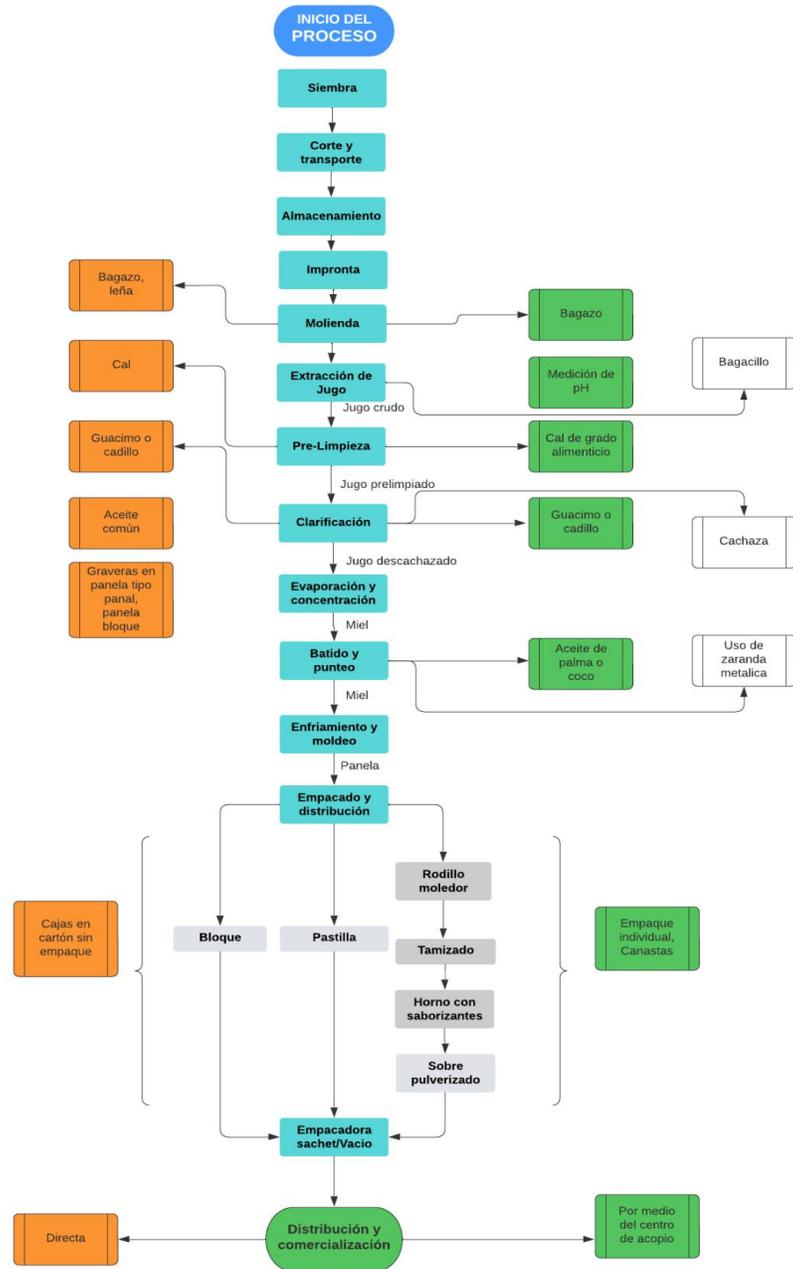
Por lo anterior, se realiza el diagrama de flujo de tal forma que se evidencia el comparativo de los dos tipos de producción y de esta manera plasmar las diferentes estrategias que puedan ser implementadas en cada uno de los trapiches y centros de producción.

En el caso de la panela orgánica se evidencia un alto consumo energético principalmente en el centro de acopio, puesto que es un establecimiento que tiene gran variedad de equipos de consumo (Tablas de consumo adjuntos), para este tipo de consumo se propone la implementación de cogeneración que combina la energía eléctrica y energía térmica.

Así bien, también se propone la implementación de un evaporador de múltiple efecto que la mayor eficiencia en la productividad a lo largo del proceso, así como la minimización de impactos ambientales puesto que al ser implementado se estima un menor consumo de bagazo por kg de panela.

Por último, se propone la implementación de filtros de mangas durante el proceso de combustión esto con el fin de reducir la producción de emisiones atmosféricas a lo largo de todo el proceso.

**DIAGRAMA DE FLUJO PRODUCCIÓN PANELERA  
PRODUCCIÓN TRADICIONAL Y ORGÁNICA ASOPROPANOC**



*Diagrama N°10 Proceso de producción tradicional y proceso de producción orgánica*

*Fuente: Autor*

A continuación, se estiman solo unos de los consumos energéticos de las máquinas (Selladora de calor, Horno y Mezclador) estos equipos se encuentran ubicados en el centro de acopio. Teniendo en cuenta que el consumo promedio en trapiches y centro de acopio es de 450 kWh a 550 kWh (Datos suministrados por recibos de energía, directamente de la asociación), este valor de consumo energético puede variar dependiendo la frecuencia de producción de los trapiches. (Fedepanela, 2019).

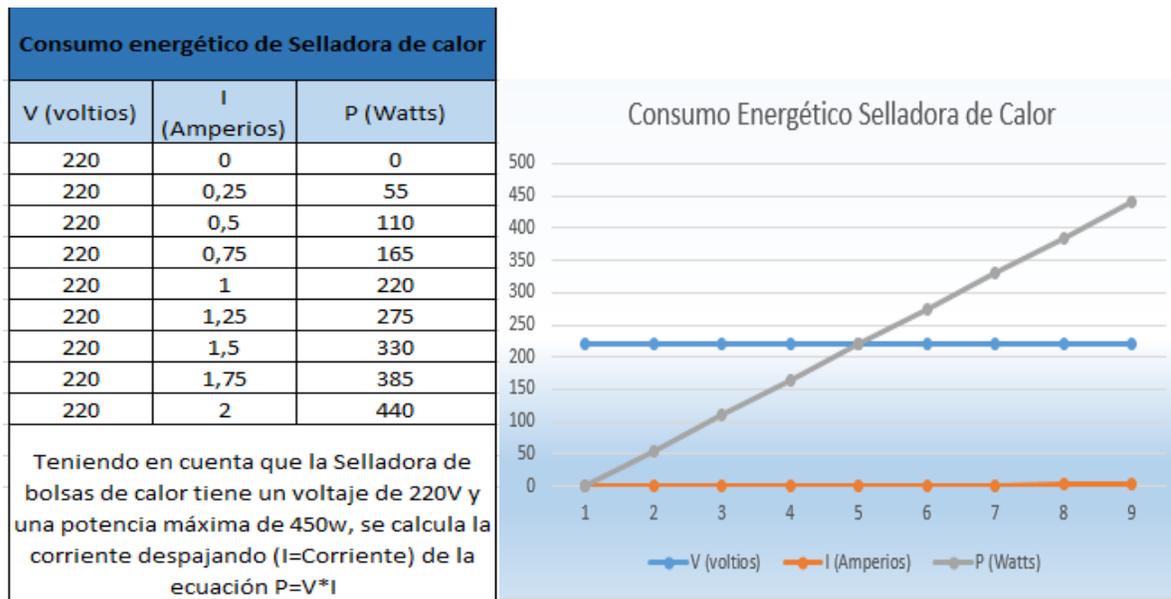


Tabla N° 6 Consumo energético Selladora de Calor

Fuente: Autor

Consumo energético de Horno		
V (voltios)	I (Amperios)	P (Watts)
220	0	0
220	0,25	55
220	0,5	110
220	0,75	165
220	1	220
220	1,25	275
220	1,5	330
220	1,75	385
220	2	440

Teniendo en cuenta que el horno tiene un voltaje de 220V y una potencia máxima de 450w, se calcula la corriente despajando (I=Corriente) de la ecuación  $P=V*I$

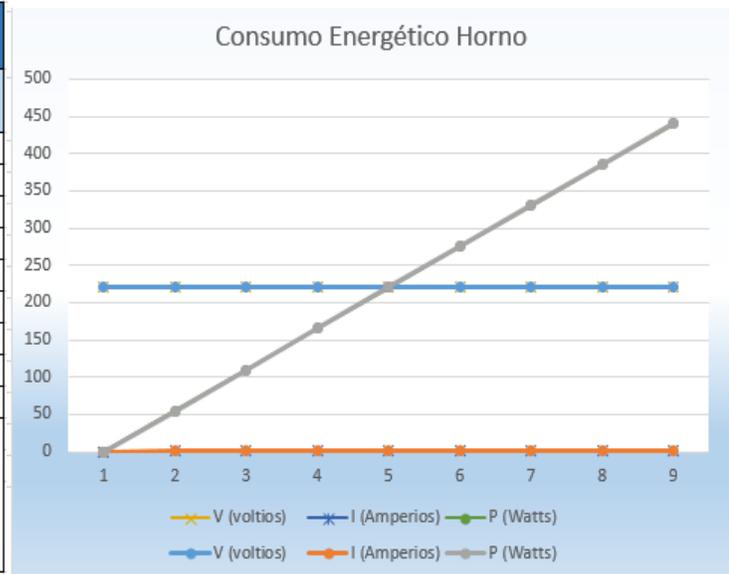


Tabla N° 7 Consumo energético Horno Centro de Acopio

Fuente: Autor

Consumo energético de Zaranda		
V (voltios)	I (Amperios)	P (Watts)
220	1	220
220	2	440
220	3	660
220	3,5	770
220	4	880
220	4,5	990
220	5	1100

Teniendo en cuenta que la Zaranda tiene un voltaje de 220V y una potencia máxima de 110w, se halla la corriente despajando (I=Corriente) de la ecuación  $P=V*I$

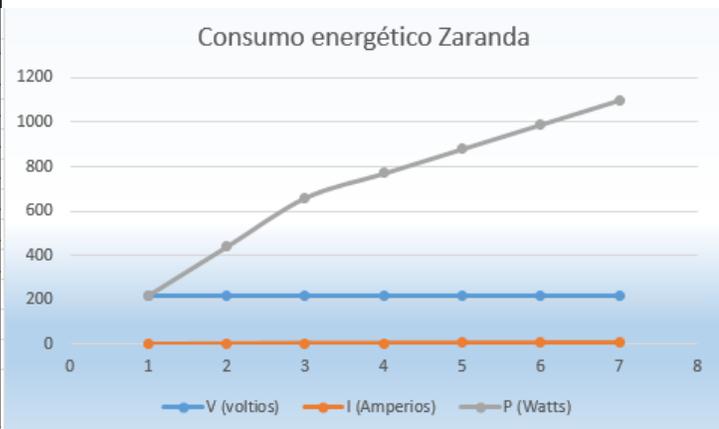


Tabla N° 8 Consumo energético Zaranda

Fuente: Autor

## ○ 7.1 AJUSTES EN LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS Y MEJORAS

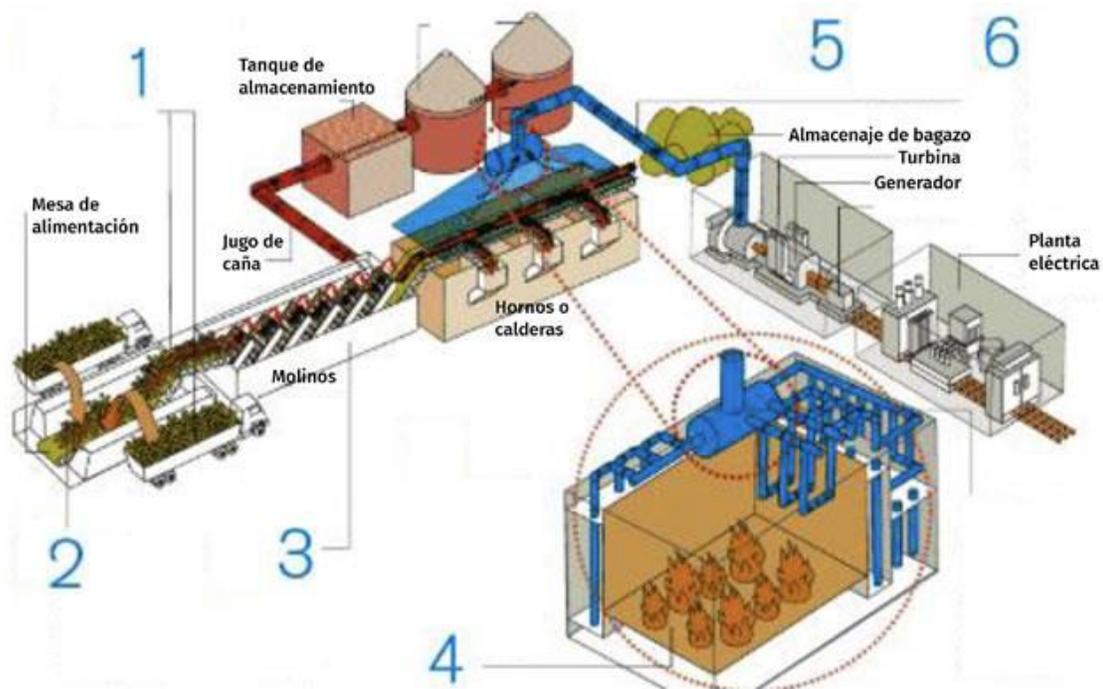
Este procedimiento pretende prolongar la vida útil de los equipos, así mismo reducir los gastos de energía que producen los mismos, por ello se propone la implementación de:

### **7.1.1 LA COGENERACIÓN**

La cogeneración es un concepto de ingeniería cuyo objetivo es combinar la energía eléctrica y energía térmica en un solo proceso, así como obtener la mejora en la utilización de los recursos. Este concepto se basa en la racionalidad termodinámica, económica y ambiental, niveles mayores de eficiencia en los procesos eléctricos y térmicos en la industria, implicando reducciones en el consumo energético lo que conlleva beneficios en costos de producción y minimización de impactos ambientales.

Para Colombia las plantas de cogeneración representan el 2% de la energía total consumida, la cogeneración puede ser instalada en cualquier tipo de instalación solo falta con que exista la necesidad térmica (vapor agua, temperaturas altas, gases, etc).

Teniendo en cuenta lo anterior, y observando la necesidad de los trapiches visitados. La cogeneración es una excelente alternativa de implementación en el proceso productivo panelero, debido a que es un sistema energético primario como el gas natural, carbón, combustible o biomasa. La salida de este tipo de sistema es energía eléctrica o térmica, lo que es de gran utilidad para usos directos de enfriamiento o calentamiento de la panela.



*Imagen N° 11 Esquema de cogeneración eficiente (turbogenerador de gas y recuperador de calor para producir vapor a proceso).*

*Fuente: Transición energética*

La cogeneración aporta los siguientes beneficios a las industrias que tienen un uso intensivo de energía térmica y eléctrica:

- Contribuir a mejorar la competitividad de una empresa al disminuir sus costos de producción, pero también al posicionarse como empresa socialmente responsable.
- Disminuir el costo de la energía eléctrica y térmica al utilizar eficientemente los combustibles.
- Permitir anticipar el costo de la energía eléctrica.
- Disminuir o eliminar la tarifa eléctrica al abatir los costos de transmisión, distribución y comercialización.
- Tener una alta confiabilidad en el suministro eléctrico y térmico hacia los procesos.
- Reducir las emisiones de dióxido de carbono asociadas a la quema de combustibles fósiles, así como de otros contaminantes dañinos para la salud y el medio ambiente.

- **Biomasa de caña de azúcar como fuente de energía**

Teniendo en cuenta la cantidad y potencial de residuos de caña de cosecha de caña para la generación de energía eléctrica, se comprende:

TIPO DE BIOMASA	COMPOSICIÓN ELEMENTAL (%)					
	C	H	O	N	S	Cenizas
Pino	49,25	5,99	44,36	0,06	0,03	0,3
Eucalipto	49	5,87	43,97	0,3	0,01	0,72
Cascarilla de arroz	40,96	4,3	35,86	0,4	0,02	8,34
Bagazo de caña	49,9	5,8	43	0,33	0,01	0,8
Cascara de coco	48,23	5,23	33,19	2,98	0,12	10,25
Tuza de maíz	46,58	5,87	45,46	0,47	0,01	1,4
Ramas de algodón	47,05	5,35	40,77	0,65	0,21	5,89
Residuos de cosecha de caña	48,6	5,9	42,8	0,16	0,04	7,2

*Tabla N° 9 Composición elemental de biomasa en base seca de diferentes fuentes de energía*

*Fuente: Cecicaña (2017)*

Esta composición elemental de una sustancia es su contenido (% masa) de Carbono, Hidrógeno, Azufre, Oxígeno, Nitrógeno, Humedad y cenizas o material residual.

El poder calorífico se tiene en cuenta debido a que es la cantidad de calor que se desprende de la combustión completa por unidad de masa de combustible por ello se ilustra la tabla de poder calorífico para algunos materiales. Este se determina por la medición directa de una bomba calorimétrica del calor generado durante este proceso.

TIPO DE BIOMASA	Poder calorífico superior
	(PCS) , (Mj/kg)
Pino	120,02
Eucalipto	19,42
Cascarilla de arroz	16,14
Bagazo de caña	19,42
Cascara de coco	19,04
Tuza de maíz	18,77
Ramas de algodón	18,26
Residuos sólidos humanos	19,87
Heces de ganado	17,36
Residuos sólidos urbanos	19,06

*Tabla N° 10 Poder Calorífico en base seca de algunos materiales.*

*Fuente: Cecicaña (2017)*

Con base en la tabla de poder calorífico, el bagazo de caña de azúcar es utilizado como combustible en el proceso productivo de panela, este contiene elementos considerados como materia extraña clasificados como vegetal y mineral.

Después de la quema de bagazo en las calderas, como resultado de la combustión quedan residuos inorgánicos o cenizas, cuya cantidad y composición dependen de los componentes de las características fisicoquímicas del material.

### **7.1.2 EVAPORADOR DE MÚLTIPLE EFECTO**

El evaporador de múltiple efecto es una herramienta de gran utilidad a la hora de mejorar la productividad y minimizar tiempos e impactos dentro del proceso panelero, según (Corpoica, 2014), se ha encargado de buscar herramientas para el mejoramiento de producción de panela de calidad por lo que estableció el uso de hornillas más eficientes, para su funcionamiento se requieren 1,8 kg de bagazo (al 30 % de humedad) y para este nuevo sistema se estimado el consumo de 1,2 kg de bagazo por kg de panela.

Con esta implementación ya en otros trapiches y centros de producción en diferentes lugares de Colombia se espera la disminución de gases de efecto invernadero y contaminación ambiental.

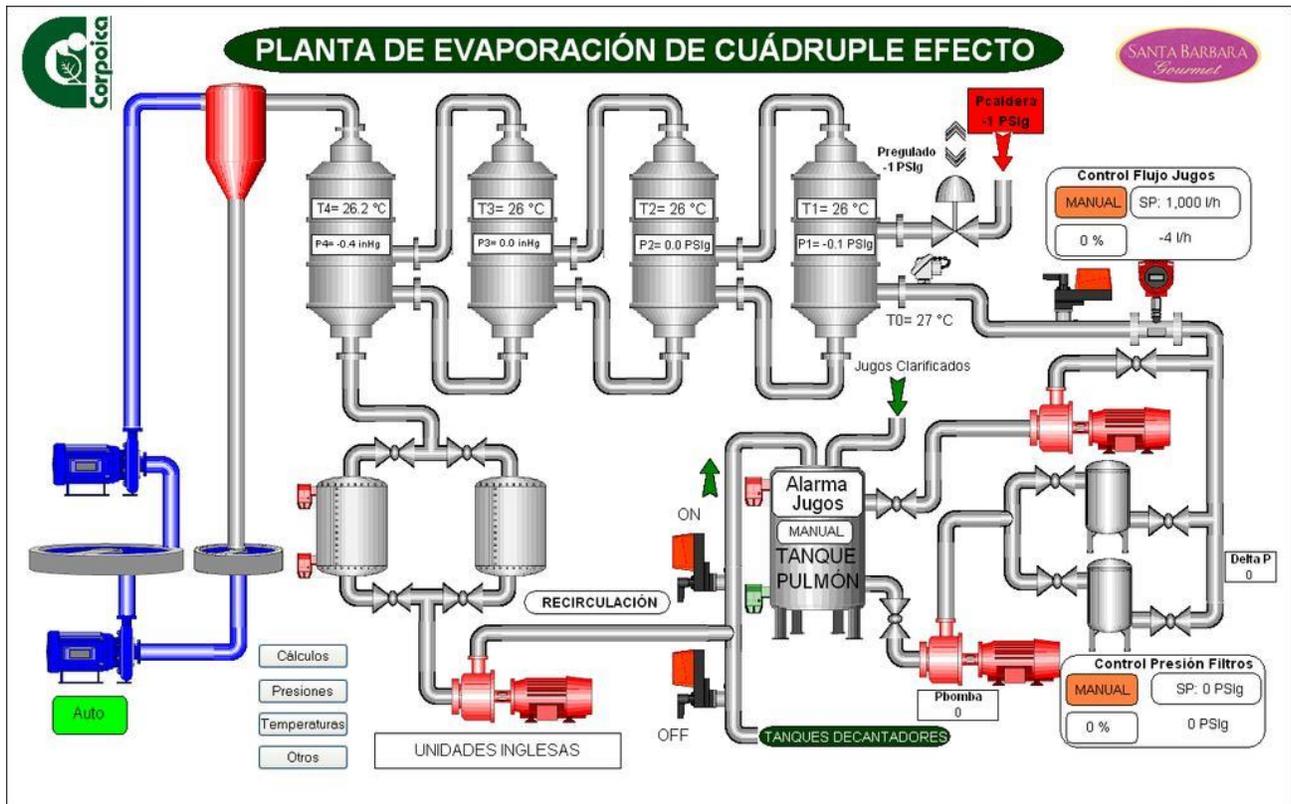


Diagrama N° 12 Modelado Planta Evaporador Múltiple Efecto para proceso productivo panelero

Fuente: (CORPOICA, 2014)

### 7.1.3 FILTROS DE MANGAS

El proceso de molienda produce 4,5 Ton de bagazo, este residuo representaría un 40,909% del total de la materia que entra al inicio del proceso. El residuo requiere ser transformado para la conversión en energía empleando el proceso de incineración, se conoce que la cantidad de calor que puede entregar el bagazo o su poder calorífico para producir energía es de 7145,535 BTU/lb, además de especificar que el residuo sólido debe estar seco o con una humedad mínima, en este caso se debe pasar de un 82.22% de humedad a una

humedad de 1,2% dando como resultado una masa de 809,9 kg, luego es enviado al horno incinerador donde por medio de un proceso de combustión se obtuvieron unos gases, ceniza y material particulado.

Para el caso de material particulados se emplearon dos tecnologías:

1. La primera consiste en implementación de ciclones de alta eficiencia los cuales dependiendo el tamaño de partícula tienen una eficiencia definida, en este caso para material mayor a 10  $\mu\text{m}$  hasta 100  $\mu\text{m}$  experimenta un porcentaje de remoción del 84,5% permitiendo eliminar gran cantidad de partículas con diámetros grandes. Como resultado final se recolectó un total de 24,685288 kg que es eliminado de la corriente de gas y solo 8,763612 kg están presentes en el flujo de gas depurado.
2. Luego del proceso anteriormente nombrado pasa a un filtro de mangas la corriente de gas depurado que contiene aun cantidad de material que puede ser recolectado, específicamente se caracteriza en remover material particulado con tamaño de 1 a 50  $\mu\text{m}$  con una eficiencia de remoción del 99%. El filtro de manga logró recolectar una cantidad de 8,008721 kg y solo 0,754891 kg es material particulado que se elimina a la atmósfera, además de pasar la corriente de gas a una columna de absorción donde ingresan cuatro gases, siendo el  $\text{CO}_2$  (1389,864926 kg) y  $\text{N}_2$  (3476,223653 kg) las corrientes de gases con mayor masa, en este caso se optó por tratar en una columna de absorción el  $\text{CO}_2$  a causa de sus múltiples impactos negativos si llegaran a ser emitidos directamente a la atmósfera. Se utilizó un absorbente compuesto en un 40% MDEA, 10% PIPERAZINA y 50% de agua empleado en una columna que tiene un 94% de eficiencia en absorber este gas y una relación de captura de 0,75 mol  $\text{CO}_2$  por kilogramo de absorbente, por lo que da como resultado una emisión de 83,391896 kg  $\text{CO}_2$  un valor muy mínimo en comparación al que se tenía inicialmente lo que permite que esta industria sea más sostenible. (Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías, 2021).

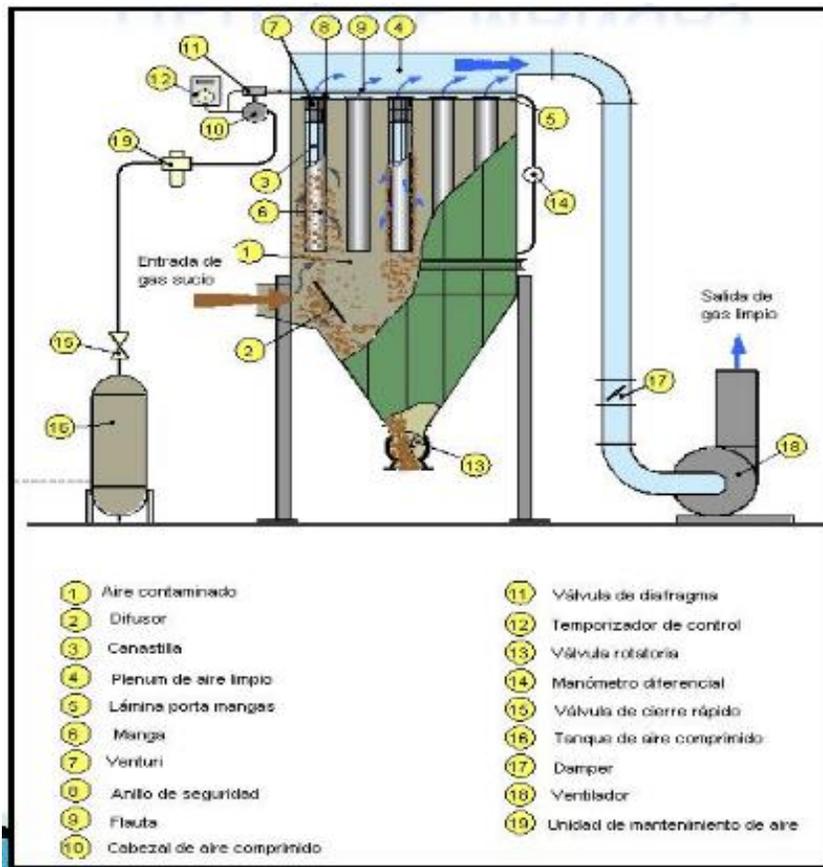


Diagrama N° 13 Filtro de mangas para proceso de moler materia prima

Fuente: (Calero Group,2013)

## 7.2 DIAGRAMAS DE BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO

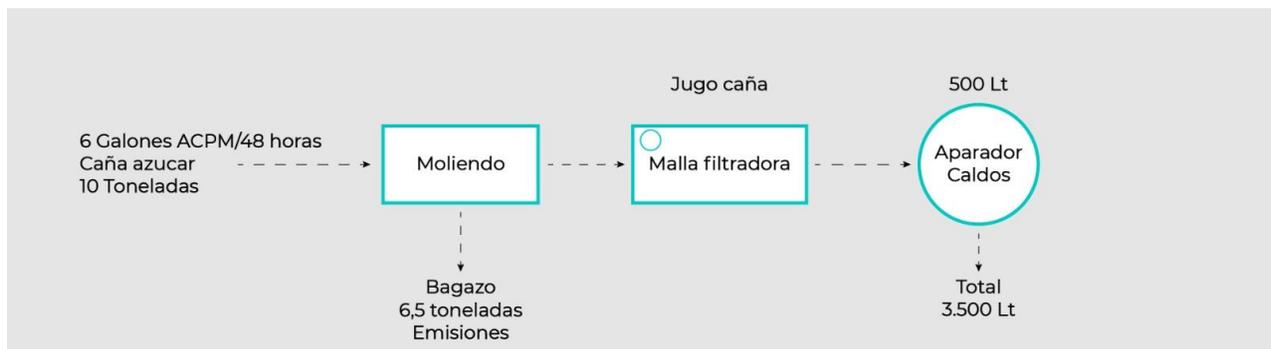
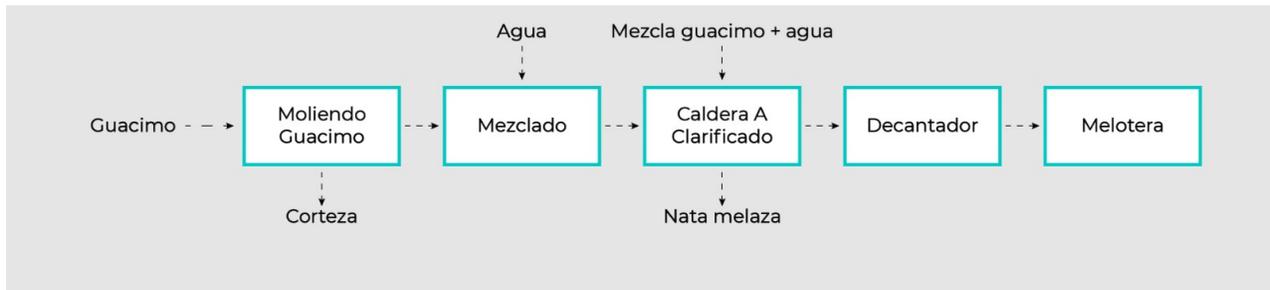


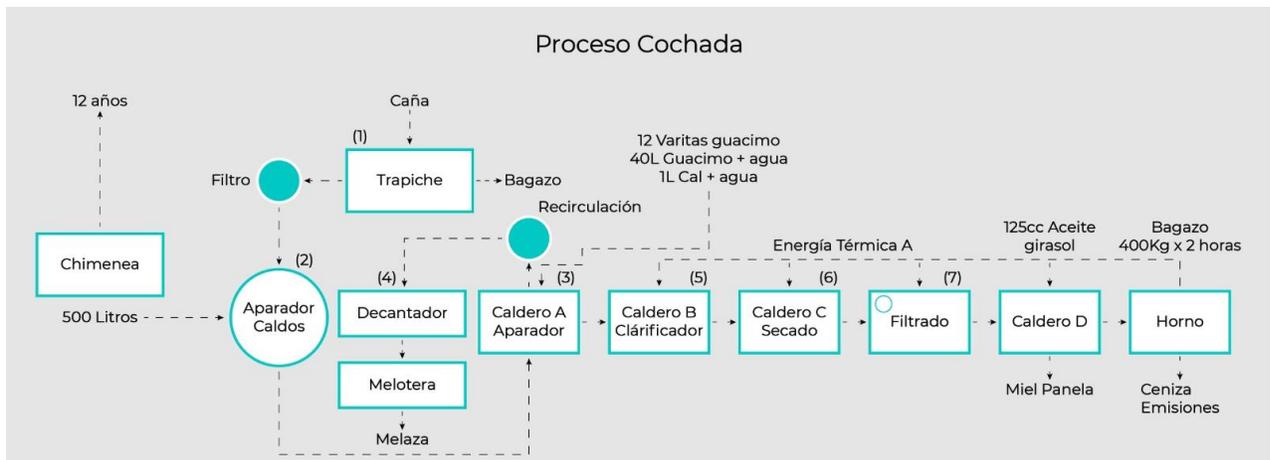
Diagrama 14. Balance Masa Proceso de molienda de la caña

Fuente: Autor



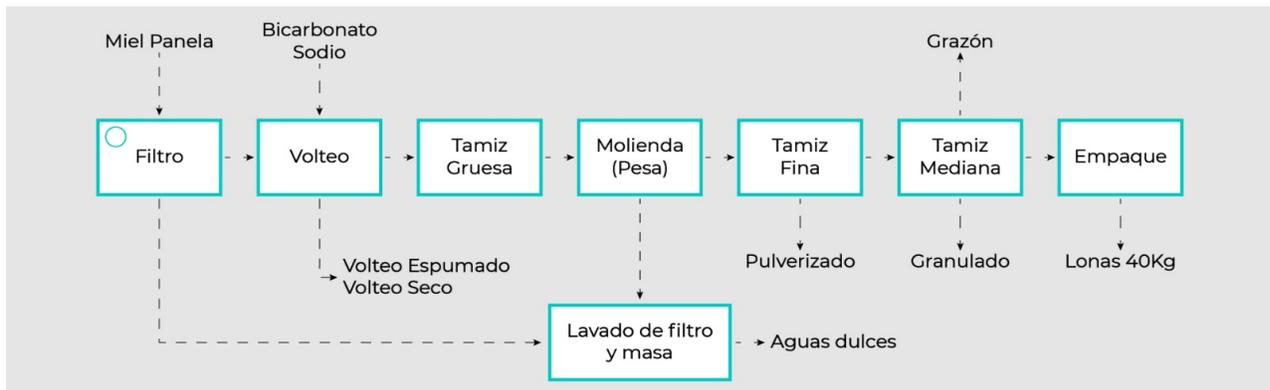
**Diagrama 15. Balance Masa Proceso de preparación de aglutinante**

Fuente: Autor



**Diagrama 16. Balance Masa Proceso de producción (Cochada) - Proceso Orgánico**

Fuente: Autor



**Diagrama 17. Balance Masa Proceso de moldeo de la panela - Proceso Orgánico**

Fuente: Autor

### 7.2.1 Balances de materia y energía en el proceso de producción de panela

Los siguientes balances de masa calculados a continuación se realizan para 1 ton de producción, teniendo en cuenta que es la producción diaria de los trapiches visitados.

- **Consumo de ACPM por producción**

$$\text{Densidad ACPM} = 870 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Consumo ACPM} = 6 \text{ galones}$$

$$\text{Consumo ACPM} = 6 \text{ galones} = 0,0227125 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo ACPM} = \frac{870 \text{ kg}}{\text{m}^3} * 0,227125 \text{ m}^3 = 19,759875 \frac{\text{kg ACPM}}{\text{producción}}$$

NOTA: Para calcular se tiene en cuenta 6 galones de consumo, el cual puede durar para 2 producciones (Dato calculado en campo).

- **Consumo de caña por producción de panela**

$$\text{Consumo de caña} = 10 \text{ cargas} \times \frac{1 \text{ Ton}}{1 \text{ carga}} \times \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ Ton}}$$

$$= 10,000 \text{ kg} \times \frac{1}{1000 \text{ kg panela}}$$

$$= \frac{10 \text{ kg caña}}{1 \text{ kg panela}}$$

- **Producción de Jugo Crudo por producción de panela**

$$\text{Producción de jugo crudo} = \frac{\text{Masa panela a producir} * \text{°brix panela}}{\text{°brix jugo crudo}}$$

$$\text{Producción jugo crudo} = \frac{1000 \text{ kg panela} * 91,5}{23,28}$$

$$= \frac{3930,41 \text{ kg jugo crudo}}{\text{producción}}$$

- **Producción Bagazo Húmedo por producción**

*Producción de bagazo húmedo = Caña - Jugo crudo*

$$\begin{aligned} \text{Producción de bagazo húmedo} &= \frac{10,000 \text{ kg caña}}{\text{producción}} - \frac{3930,41 \text{ kg jugo crudo}}{\text{producción}} \\ &= \frac{6069,59 \text{ kg bagazo húmedo}}{\text{producción}} \end{aligned}$$

- **Producción de Bagacillo por producción**

$$\text{Producción de Bagacillo} = 200 \text{ kg bagacillo} \times \frac{1}{1000 \text{ kg panela}} = \frac{0,2 \text{ kg bagacillo}}{\text{producción}}$$

- **Producción de jugo pre-limpiado por producción**

*Producción de jugo pre-limpiado = Jugo crudo - bagacillo*

$$\begin{aligned} \text{Producción de jugo pre-limpiado} &= \frac{3930,41 \text{ kg de jugo crudo}}{\text{producción}} * \frac{0,2 \text{ kg bagacillo}}{\text{producción}} \\ &= \frac{3930,21 \text{ kg de jugo pre-limpiado}}{\text{producción}} \end{aligned}$$

- **Consumo de Guácimo (Baba de Cabillo) por producción**

*Consumo de Guacimo = 10kg Guacimo + 30 kg agua*

$$= \frac{40 \text{ kg}}{\text{producción}} * \frac{1}{1000 \text{ kg panela}} = \frac{0,04 \text{ kg de guacimo}}{\text{producción}}$$

- **Producción de Cachaza por producción**

$$\text{Producción de Cachaza} = 800 \text{ kg} * \frac{1}{1000 \text{ kg panela}} = \frac{0,8 \text{ kg cachaza}}{\text{producción}}$$

- **Producción de Jugo Descachazado por producción**

*Producción de Jugo Descachazado = Jugo pre-limpiado - Cachaza*

$$= \frac{3930,21 \text{ kg jugo pre-limpiado}}{\text{producción}} - \frac{0,8 \text{ kg cachaza}}{\text{producción}} = \frac{3929,61 \text{ kg de jugo descachazado}}{\text{producción}}$$

Así bien, con los balances de masa calculados podemos evidenciar que a lo largo del proceso de producción de panela tanto orgánica como tradicional se generan residuos, por lo cual se busca que estos sobrantes en el marco de la investigación puedan contribuir en el ciclo de economía circular, de tal forma que contribuya como materia prima de producción en demás sectores.

Estos balances se realizan con datos reales tomados en campo, esto con la colaboración de los productores de los trapiches, los cuales nos dan las cantidades necesarias para la producción de 1 Tonelada de panela lo que significa 1 día de producción. Estos datos se realizan con base de kg producidos de residuos/producción diaria.

Así bien, en los anteriores cálculos se observa que el residuo de mayor proporción es el bagazo, ya que por día de producción se generan un poco más de 6,000 kg de bagazo húmedo, que es de significativa importancia puesto que con esta cantidad se puede articular a un proceso productivo como los propuestos a continuación, así mismo, los jugos producidos como salida a lo largo de los balances calculados, son de gran significancia y utilidad.

Para ello se propone la alternativa de un segundo uso a los residuos generados de tal forma que incorpore en los demás sectores productivos que pueden asociarse al de manufactura de panela.

Teniendo en cuenta la producción de los trapiches puestos en estudio, se pudo evidenciar la cantidad de residuos y desechos generados entre los cuales están (bagazo, cachaza, melote) con los cuales se hizo una proyección en el valor que representa como materia prima de otras industrias como (producción de papel, arena para mascotas, fertilizantes

orgánicos) y de los cuales se propone una articulación para darle un segundo uso a los mismos, de tal forma que participe en la economía circular a nivel local y departamental.

## **7.3 RESIDUOS GENERADOS PROCESO PRODUCCIÓN PANELA**

### **7.3.1 Composición del Bagazo**

Para ser procesado, se lava y desmedula el bagazo, separándolo mecánicamente de la médula (que al no ser apta para producir pulpa, es usada como combustible ecológico a manera de vapor). El bagazo se lava y calienta a muy altas temperaturas para producir rollos de pulpa de bagazo, las cuales posteriormente son moldeadas para convertirse en la gran variedad de recipientes que ya conocemos.

El bagazo de caña ha venido siendo utilizado en un sin número de productos también ha incidido en otros sectores productivos del país. Según la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC), la participación de la caña de azúcar en la seguridad energética se ha hecho cada vez más evidente gracias a que, con los proyectos que se están estructurando actualmente, la capacidad de cogeneración se podría incrementar 29%, lo que quiere decir que los excedentes de energía para entregar a la red nacional se incrementarían en 53%. (Hernández Gutiérrez, A. (S.f). Estructura y composición de la caña,2009)

Así mismo, se busca proponer alternativas de segundo uso de acuerdo con los residuos registrados a lo largo de la investigación, algunas de estas alternativas son:

- **Producción de papel a partir de bagazo de caña de azúcar**

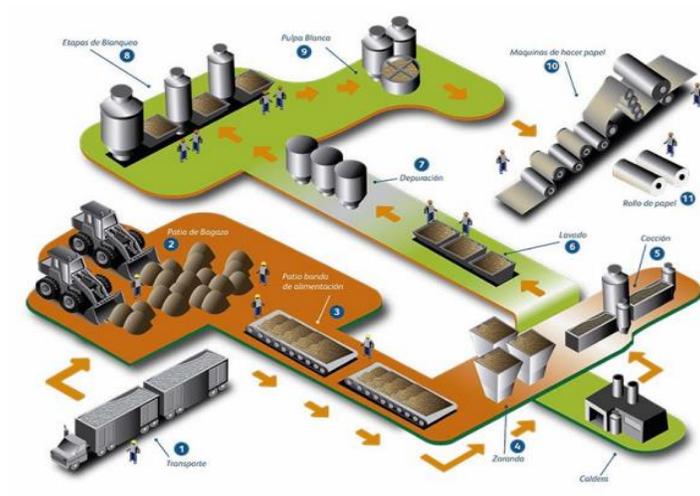


Diagrama N° 18 Proceso producción papel

Fuente: Carvajal pulpa,2018

Luego del proceso de producción de panela, se produce bagazo. Residuo que puede ser utilizado como materia prima en otros sectores de producción, como lo es la producción de papel, para este se debe entregar la fibra de bagazo.

Para la producción de papel se utilizan son fibras, la fibra primaria sería la madera proveniente de pino, eucalipto y del bagazo de caña de azúcar, y la fibra secundaria son los residuos del consumo de papel, la mezcla de estas dos fibras es la base para la producción de papel de diferentes tipos como: papel higiénico, toallas absorbentes, imprenta, escritura, servilletas, cajas, bolsas de papel, entre otras.

Estos productos son comercializados en el mercado, empresas, colegios, universidades, etc.

Este tipo de productos ya usados, pueden volver a tener más de 1 uso, ya que al ser recolectados por recicladores y posteriormente entregados a bodegas recolectoras, pueden volver a entrar en el ciclo de la producción de papel siendo fibra secundaria de la base para la producción.

- ***Producción de arena para mascotas a partir de bagazo de caña de azúcar***

La arena para mascotas convencional está compuesta por granos de trigo, granos de maíz, cáscara de nuez, entre otros. Esta composición también garantiza la absorción de humedad y olores. Por ello teniendo en cuenta las características físicas y químicas del bagazo de caña de azúcar se puede garantizar que puede ser utilizada en la producción de arena para mascotas por su grado de absorción de humedad y al poder convertirse en bagazo seco entre los 11°C y 14°C es un excelente componente para este producto, lo que evita que la humedad de las mascotas se filtre.

### **7.3.2 Composición de Melote**

El melote es un subproducto de la caña que se obtiene de la deshidratación de la cachaza, este producto es espeso y denso el cual se puede conservar por periodos superiores a un mes en condiciones adecuadas de almacenamiento y manejo. En términos generales, el melote obtenido equivale a la mitad del peso original de la cachaza.

La producción de cachaza en el país no es continua en la mayoría de los trapiches, ya que depende de los días de elaboración de panela. Su utilización en la alimentación animal no ha sido racional debido a su fácil fermentación, su alto contenido de agua y a falta de investigación. Un método de conservación efectivo y práctico es someter este subproducto a deshidratación por calor, produciendo un material más estable y de fácil manejo denominado melote. Como se muestra en la tabla.

<b>Tabla N° 11 Composición Melote de Caña (% Base seca)</b>			
<b>Humedad</b>	51,7	<b>Nitrógeno</b>	0,2
<b>° Brix</b>	41	<b>Fosforo</b>	0,31
<b>Pot</b>	34,6	<b>Potasio</b>	0,32
<b>Pureza</b>	35	<b>Calcio</b>	0,49
<b>Azúcares reductores</b>	6,8	<b>Magnesio</b>	0,14
<b>Sacarosa</b>	30	<b>Manganeso</b>	65 ppm
<b>Proteína</b>	3,5	<b>Zinc</b>	48,8 ppm
<b>Grasa</b>	3,1	<b>Hierro</b>	92,5 ppm
<b>Ceniza</b>	2,5	<b>Cobre</b>	10,1 ppm
<b>pH</b>	6,3		

*Tabla N°11 Composición Melote de Caña*

*Fuente: (Agrosavia,2019)*

Así mismo, se busca proponer alternativas de segundo uso de acuerdo con los residuos registrados a lo largo de la investigación, algunas de estas alternativas son:

- **Alimentación de cerdos con melote de caña de azúcar**

Los primeros ensayos sobre el uso del jugo de caña en la alimentación de cerdos se realizaron en México (Mena *et al* 1981). Sin embargo, la primera aplicación de esta tecnología en fincas de productores fue en la República Dominicana, dando resultados favorables respecto al uso de los concentrados.

El segundo paso importante en el desarrollo de la tecnología del jugo de caña para cerdos era la demostración (ver Tabla 3), también en la República Dominicana, de las ventajas

económicas al reducir el aporte de proteína en aproximadamente la mitad comparado con los estándares recomendados por el NRC (2008).

Tabla N°12 Efecto el nivel de proteína suministrado a cerdos de engorde recibiendo una dieta basada en jugo de caña			
Suplemento proteínico (40% N x 6,25) (g/d)			
	900	675	454
Peso vivo (kg)			
Inicial	77,2	75	76
Final	106	102,5	103
Ganancia Diaria	0,82	0,79	0,78
Consumo alimento (kg)			
Jugo de caña	18	18	18,8
Suplemento proteínico	0,9	0,67	0,45
Total materia seca	4,4	4,2	4,17
Conversión alimento	5,38	5,33	5,35

*Tabla N° 12 Efecto nivel proteína jugo de caña para alimentación cerdos*

*Fuente: (Agrosavia,2019)*

De acuerdo con la información y el estudio presentado se puede evidenciar que el melote y jugo de caña, residuo generado de la producción de panela puede tener un segundo uso, siendo materia prima para alimentación de porcinos.

- **Bloque Multinutricional para alimentación animal**

Según (Agrosavia, 2019) Es una fuente adicional de proteína, energía y minerales, que en el verano evita que los animales pierdan peso. Los bloques multinutricionales se pueden utilizar en fincas de todos los climas.

**INGREDIENTES** Para preparar 2 bloques multinutricionales de 15 kilogramos de peso debemos mezclar los siguientes ingredientes:

Tabla N° 13 Ingredientes Bloque Nutricional					
Componente (Kg)	Básico (Kg)	%	Mejorado	%	Clase de aporte
Melaza o Melote	15	50	15	50	Energía
Gallinaza		0	3	10	Proteína y Minerales
Bagacillo	6	20	5	16,7	Proteína y Minerales
Cal	6	20	4,5	15	Calcio y endurece el bloque
Urea		0	0,5	1,7	Nitrógeno, fuente de proteína
Sal Mineralizada	21	7	1,3	4,3	Elementos menores
Azufre	0,9	3	0,7	2,3	Producir proteínas y prevenir el ataque de parásitos externos
<b>Total</b>	30	100	30	100	

Tabla N° 13 Ingredientes bloque nutricional alimentación animal

Fuente: Agrosavia,2019

### 7.3.3 Composición de la Cachaza

La cachaza generalmente es rica en fósforo, calcio y nitrógeno y pobre en potasio. (FEDEPANELA,2018)

La cachaza, derivado del trapiche panelero, es un subproducto de la fabricación de panela, industria artesanal ampliamente distribuida en Colombia y otros países de Sur América. El jugo fresco se somete a una limpieza, en la cual se le eleva la temperatura, se le agrega cal y se agita con escobas hechas de plantas naturales como cadillo (*Triumfetta lapulla*), balso blanco (*Eleocharphus popayanensis*) o guásimo (*Guásimo ulmifolia*). En la superficie se va formando una capa de naturaleza coloidal con un 20% de materia seca, compuesto por sacarosa, azúcares reductores, y algo de ceniza y proteína; a este subproducto se le denomina cachaza. (Escudero M M, Forero M, Peralta M P y Salazar M M 2018).

- **Cachaza como abono orgánico en suelos productores de caña**

Si bien es cierto que la cachaza es rica en nutrientes, esta representa una riqueza como abono orgánico en los suelos de producción de caña. La producción de caña le quita un

sin número de nutrientes al suelo, lo oportuno es que se pueda incorporar nuevamente al suelo todos estos nutrientes y a corto o mediano plazo los cultivos se puedan aprovechar con los mismos nutrientes de la cachaza que son derivados de la planta de caña, y así contribuir en una producción sostenible.

## **8. INDICADORES DE DESEMPEÑO AMBIENTAL**

Los indicadores son una buena herramienta para esta tarea. Permiten sintetizar información sobre una realidad compleja y cambiante. Los indicadores son en sí información selecta y procesada, cuya utilidad ha sido predefinida y su existencia justificada, porque permiten hacer un mejor trabajo y evitar consecuencias inaceptables que pueden ocurrir con mayor frecuencia cuando no se puede producir o procesar toda la información pertinente para todos los casos. Con los indicadores adecuados, quienes monitorean los procesos, pueden adelantar tendencias e intervenir antes de que se produzcan procesos indeseables o irreversibles. Los que implementan políticas pueden objetivar y medir la efectividad de éstas, pueden calibrar los instrumentos y programas, y focalizar los esfuerzos en forma oportuna. La ciudadanía en general puede compartir también la misma base objetivada de información selecta, para conversar con el gobierno y el sector privado en mejores condiciones, al menos en lo que respecta a información. (ONU,2003)

De ahí que la inversión en la producción, mantenimiento y difusión de los indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en los países de nuestra región sea plenamente justificada, como en su momento fueron los trabajos en el ámbito de las estadísticas e indicadores económicos, sanitarios, y sociales en general.

Para ello, se tiene en cuenta la siguiente ruta metodológica para la formulación de los indicadores sujeto a las necesidades observadas a lo largo de la investigación.



Diagrama N° 19 Ruta Metodológica para tablero de indicadores de desempeño ambiental

Fuente: Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible

Teniendo en cuenta lo anterior se proponen un tablero de indicadores que componen 10 indicadores de cumplimiento y 10 indicadores de eficiencia.

## ○ 8.1 INDICADORES DE CUMPLIMIENTO

### **8.1.1 Indicador de capacitaciones reducción consumo energético:**

Se formula el indicador de capacitaciones reducción en consumo energético trazando la meta de 12 capacitaciones con personal responsable de la organización encargado de la actividad, esto con el fin hacer la comparación de la cantidad de capacitaciones de ahorro de consumo del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor de capacitaciones de ahorro obtenido (Anexo ficha del indicador N°2).

#### **8.1.2 Indicador capacitaciones reducción consumo agua:**

Se formula el indicador de capacitaciones reducción en consumo agua trazando la meta de 12 capacitaciones con personal responsable de la organización encargado de la actividad, esto con el fin hacer la comparación de la cantidad de capacitaciones de ahorro de consumo del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor de capacitaciones de ahorro obtenido (Anexo ficha del indicador N°3).

#### **8.1.3 Indicador capacitación disminución de accidentes laborales:**

Se formula la capacitación de disminución accidentes laborales por medio de capacitaciones con personal de SST encargado, esto con el fin hacer la comparación de accidentes laborales del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor de reducción obtenido trazando la meta del 50% (Anexo ficha del indicador N°4).

#### **8.1.4 Indicador aprovechamiento material vegetal en producción energía:**

Se formula el indicador de aprovechamiento de material vegetal trazando la meta de 20% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación del aprovechamiento del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor del aprovechamiento obtenido (Anexo ficha del indicador N°5).

#### **8.1.5 Indicador capacitación aprovechamiento y separación de residuos:**

Se formula el indicador de aprovechamiento y separación de residuos trazando la meta de 12 con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación de la cantidad de residuos del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor del aprovechamiento obtenido (Anexo ficha del indicador N°6).

#### **8.1.6 Indicador certificación personal para manejo de derrames:**

Se formula el indicador de certificación personal para manejo de derrames 40% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin

hacer la certificación del mes anterior semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor de certificados generados (Anexo ficha del indicador N°7).

**8.1.7 Indicador personal de siembra y cultivo capacitado para la generación de abono orgánico a partir de residuos de caña:**

Se formula el indicador de personal de siembra y cultivo capacitado para la generación de abono orgánico a partir de residuos de caña del 50% total, con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación de la generación de abono orgánico producido del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor del abono obtenido (Anexo ficha del indicador N°8).

**8.1.8 Indicador Porcentaje de mantenimientos preventivos para equipos de producción:**

Se formula el indicador de mantenimientos preventivos a equipos y maquinaria del proceso de producción trazando el 80% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la de los mantenimientos preventivos realizados del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor de mantenimientos realizados en el semestre y así prolongando la vida útil del equipo (Anexo ficha del indicador N°9).

**8.1.9 Indicador porcentaje de mantenimientos correctivos para equipos de producción:**

Se formula el indicador de mantenimientos correctivos a equipos y maquinaria del proceso de producción trazando el 50% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la de los mantenimientos preventivos realizados del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor de mantenimientos realizados en el semestre y así no generar más consumo de recursos por equipos en mal estado (Anexo ficha del indicador N°10).

**8.1.10 Indicador programa educación ambiental:**

Se formula el indicador de Programa de educación ambiental trazando la meta del 80% del personal asistente y así mismo personal responsable de la organización

encargado de la medición, esto con el fin preparar a los trabajadores ambientalmente lo que conlleva a la minimización de impactos ambientales dentro y fuera del proceso productivo (Anexo ficha del indicador N°11).

## ○ **8.2 INDICADORES DE EFICIENCIA**

### ***8.2.1 Indicador ahorro energético:***

Se formula el indicador de reducción en consumo energético trazando la meta de 5% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación del consumo de kWh del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor del ahorro de kWh obtenido (Anexo ficha del indicador N° 12).

### ***8.2.2 Indicador Ahorro consumo agua:***

Se formula el indicador de reducción en consumo agua trazando la meta de 5% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación del consumo del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor del ahorro obtenido (Anexo ficha del indicador N°13).

### ***8.2.3 Indicador de porcentaje de Implementación de sistemas de tecnologías frente a las alternativas propuestas:***

Se formula el indicador de implementación de sistemas de tecnologías a partir de propuestas sugeridas trazando la meta de 50% con personal responsable de la organización encargado de la implementación, esto con el fin hacer la comparación del proceso del semestre anterior y el semestre actual que arroja los valores de ahorro en recursos y así mismo las mejoras en el proceso (Anexo ficha del indicador N°14).

### ***8.2.4 Indicador de reducción de consumo energético frente a los mantenimientos realizados:***

Se formula el indicador de reducción de consumo energético frente a los mantenimientos realizados trazando la meta de 3% con personal responsable de la organización encargado de la implementación, esto con el fin hacer la comparación

del proceso del semestre anterior y el semestre actual que arroja los valores de ahorro de kWh (Anexo ficha del indicador N° 15).

**8.2.5 Indicador de reducción accidentes laborales frente a las capacitaciones realizadas:**

Se formula el indicador de reducción de accidentes laborales por medio de capacitaciones con personal de SST encargado, esto con el fin hacer la comparación de accidentes laborales del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor de reducción obtenido (Anexo ficha del indicador N° 16).

**8.2.6 Indicador de aprovechamiento y separación de residuos:**

Se formula el indicador de aprovechamiento y separación de residuos trazando la meta de 30% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación de la cantidad de residuos del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor del aprovechamiento obtenido (Anexo ficha del indicador N° 17).

**8.2.7 Indicador de articulaciones con entidades para aprovechamiento de residuos del proceso panelero como materia prima para demás sectores productivos:**

Se formula el indicador de articulaciones con entidades para aprovechamiento de residuos del proceso panelero trazando la meta de 80% de las sugeridas con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación de la articulación del semestre anterior y el semestre actual que arroja el de articulaciones para recirculación de material (Anexo ficha del indicador N°18).

**8.2.8 Indicador de generación de abono orgánico a partir de residuos de caña:**

Se formula el indicador de generación de abono orgánico a partir de residuos de caña del 50% total, con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación del abono producido del semestre anterior y el semestre actual que arroja el valor del abono orgánico producido a partir de residuos de caña (Anexo ficha del indicador N° 19).

**8.2.9 Indicador de fortalecimiento del SGA por reducción impactos ambientales:**

Se formula el indicador de reducción de impactos ambientales trazando la meta de 50% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación de impactos del semestre anterior y el semestre actual que arroja la significancia de los impactos ambientales minimizados, esto haciendo uso de la matriz de impactos (Anexo ficha del indicador N°20).

**8.2.10 Fortalecimiento del SST por uso de EPP:**

Se formula el indicador de fortalecimiento del SST por uso de EPP trazando la meta de 70% con personal responsable de la organización encargado de la medición, esto con el fin hacer la comparación estado del SST del año anterior y el año actual que arroja la significancia de los impactos minimizados, esto haciendo uso de la matriz de impactos (Anexo ficha del indicador N°21).

## 9. RESUMEN DE LA ESTRATEGIA DE CIRCULARIDAD PROPUESTA EN EL PROYECTO

Dando cumplimiento al objetivo propuesto se tabulan las estrategias de circularidad de los residuos generados a lo largo de proceso productivo de panela, dando como resultado los diferentes usos que se le pueden dar a los mismos y las diferentes entidades con las que se propone articular contribuyendo, así con la materia prima para los procesos productivos de estos sectores.

**Tabla N°14 Usos de residuos en el proceso productivo de panela y propuesta de entidades articuladas para contribuir en Economía Circular**

Residuo generado	Entidad articulada	¿Para qué puede ser usado?	Forma de entrega (Kg/Bolsa)
Bagazo	<ul style="list-style-type: none"> <li>● PROPAL (Cali)</li> <li>● Carvajal pulpa (Mosquera)</li> <li>● Ecocat (Bogotá)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Arena para mascotas</li> <li>● Producción Papel</li> <li>●</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bulto</li> <li>● Bolsa</li> <li>● Kg</li> </ul>
Cachaza	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Abonamos (Antioquia)</li> <li>● Cenicaña (Cali)</li> <li>● Reprograf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fertilizante Orgánico</li> <li>● Generalmente se utiliza para la alimentación de los animales de trabajo de la finca.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Bulto</li> <li>● Bolsa</li> <li>● Kg</li> <li>● Ton</li> </ul>
Melote	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Laboratorio Juesar</li> <li>● Fincas cercanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Se utiliza el melote como suplemento de la alimentación de los cerdos.</li> <li>● Melaza de caña</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Caneca</li> <li>● Litro</li> </ul>

## 10. CONCLUSIONES

El interés del desarrollo de la actual investigación parte de la intención de querer cooperar a los grandes y pequeños productores de ASOPROPANOC y así mismo se debe al alza en la producción de panela en el país y el desarrollo que se ha venido notando en el mismo, así como la intención de obtener sellos verdes que contribuyen a una producción sostenible del sector, con el fin de que se pueda replicar el modelo de producción sostenible propuesto en diferentes productores a lo largo y ancho del país.

Podemos concluir que el proceso productivo de cualquier sector industrial va a generar material que se puede involucrar en otros procesos productivos, si bien la circularidad es un término que ha venido tomando fuerza en los últimos años debido a que se ha evidenciado a necesidad de recircular todo tipo de material generado en cualquier tipo de producción de tal forma que este método permite la recuperación de materia prima.

De acuerdo a la información suministrada por ASOPROPANOC y con la colaboración de los productores se observa en el diagnóstico desarrollado a lo largo del proyecto de investigación los diferentes aspectos positivos como lo son la certificación orgánica que es una excelente posición en el mercado, la generación de empleo y oportunidad de crecimiento de los productores locales, así como también se evidencian los impactos negativos como el alto consumo de energía y agua, el manejo por derrames de combustibles, la producción de residuos de todo tipo y a los que se ven expuestos los trabajadores como lo con generación de ruido y emisiones atmosféricas por el tipo de combustión que se implementa dentro de estos trapiches.

Tal como se desarrolló en el marco del trabajo de grado se propone la integración de procesos sostenibles, es decir, que se puedan recircular los residuos generados dentro y fuera del proceso productivo panelero de la asociación. Por lo que se propone la articulación con las diferentes entidades productoras de papel y arena para mascotas, para que de tal forma contribuya con la recirculación del bagazo de caña. Así mismo la articulación para la producción de bloques nutricionales para alimentación animal, como también la producción de fertilizantes y abonos orgánicos a partir de la cachaza, esto ya siendo anteriormente calculado y verificando por medio de balances de masa las cantidades exactas producidas de cada uno de estos residuos.

Por otro lado, se proponen las alternativas de filtros de mangas, cogeneración y la implementación de un evaporador multiefecto, esto con la finalidad de mejorar la productividad como la minimización en la demanda de consumo de energía de los equipos utilizados para la manufactura de la panela.

Para finalizar se proponen 10 indicadores de cumplimiento y 10 indicadores de eficiencia, teniendo en cuenta las necesidades de la asociación ya anteriormente identificadas en la matriz de aspectos e impactos ambientales valorizando y priorizando lo que obtuvieron mayor significancia.

## 11. RECOMENDACIONES

Al momento de dar inicio e implementación a las alternativas propuestas, se recomienda realizar una EDA (Evaluación de Desempeño Ambiental), de tal manera que se pueda ver plasmar el estado actual de los trapiches, centro de acopio y productores, y así mismo evidenciar la diferencia y resultados después de implementar las diferentes tecnologías, propuestas y alternativas. Esto arroja como resultado una proyección a la eficiencia de a corto, mediano y largo plazo.

Se recomienda también que, en el proceso de molienda, las condiciones a las que se ve la sometida esta etapa generan un alto contenido de cenizas, a lo que se aconseja reducir hasta el mínimo posible la humedad del bagazo antes, para posteriormente entrar en combustión, de esta forma se reduce la generación de ceniza, minimizando en pequeña proporción la emisión de material particulado.

Por parte de ahorro de recurso naturales, se propone un seguimiento y control en el uso de los mismos, desconectar todo tipo de equipos eléctricos cuando no se encuentran en uso, si bien así no estén prendidos al estar conectados al tomacorriente están expuestos a seguir consumiendo energía en menos cantidad, pero al estar todo el tiempo conectado si se ve reflejado este consumo. Por lo que además de reducir un impacto ambiental, genera un beneficio económico.

Se recomienda el fortalecimiento en el uso de elementos de protección personal, esto si bien ya es claro una obligación dentro del proceso productivo se evidencia aún a varios trabajadores sin su completa protección personal, por lo que se ven expuestos a un sin número de riesgos laborales.

Por último, se recomiendo la articulación de Fedepanela y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) de esta forma se garantiza la alianza para procesos de economía circular que se puedan venir implementando.

## 12. BIBLIOGRAFIA

- Martínez, H. y X. Acevedo, 2004. Características y estructura de la cadena agroindustrial de la panela en Colombia.
- Sarria , P., Solano, A., & Preston, T. (1990). Utilización de jugo de caña y cachaza panelera en la alimentación de cerdos.
- Hernández Daniel. Utilización de la Caña Panelera y sus Subproductos en Alimentación Animal. FEDEPANELA.
- Hernández Gutiérrez, A. (S.f). Estructura y composición. En A. Hernández Gutiérrez, O. Almazán del Olmo, M. A. Brizuela Herrada, O. Carvajal Cabo, G. N. Arias Polo, & N. Fernández Rodríguez, El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial, 2009 (pág. Capítulo II).
- Arroyo Chuquín, J. S., & Méndez Chicaiza, S. I. (2018). Obtención y caracterización de un panel acústico a partir de desechos de caña de azúcar . Tesis de pregrado.
- PROPAL. (2015). Productora de Papeles S.A., En Pro del Planeta. Obtenido de Historia: <https://www.propal.com.co/historia/>
- FAO. Panela Production as a Strategy for Diversifying Incomes in Rural Area of Latin America. Rome. 2007.
- United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organization for Economic Co-operation and Development, World Bank (2003),
- Escudero M M, Forero M, Peralta M P y Salazar M M 2018 La producción de alimentos concentrados para animales en Colombia. Cuadernos de Agroindustria y Economía Rural 19:117- 145 (Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia).
- Corpoica. Alimentación Animal con Subproductos de la Caña Panelera. Video didáctico.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y COGENERA México (2009)

- Manuel Franciso Fernández Montiel, Cogeneración una herramienta para una transición energética ordenada,2014. (Pag 33)
- Superintendencia de Industria y Comercio. (s.f.). CADENA PRODUCTIVA DE LA PANELA. Obtenido de DIAGNÓSTICO DE LIBRE COMPETENCIA.
- Banco de la República de Colombia. (2 de Octubre de 2000). Producción y recomendaciones tecnológicas para el cultivo de la caña en el departamento del Guaviare. Obtenido de Aspectos nutricionales de la panela
- Trámites y Servicios. (s.f.). trapiches, p. I. . En Corpoica (2014)
- Acevedo Torres, C. E., Lara Ariza, J. M. (2019). Análisis de conveniencia en la implementación de sistema de generación de energía a través de biomasa, que use como fuente primaria los residuos agroindustriales de la caña de azúcar (bagazo), en la industria panelera ubicada en el municipio de Villeta Cundinamarca
- Bareiro Segovia, J. L., & Castillo Montaña, M. A. (2021). Determinación de la cinética de la reacción de la gasificación de residuos agrícolas de caña de azúcar (RAC) en la captura de CO2 mediante simulación con aspen plus. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Durán Sánchez, E. (2019). Estudio Térmico, Económico y de Calidad en sistemas de producción panelera. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Villamil Franco, L., & Cuartas Ramos, I. (2017). Diseño del sistema de distribución de aire para la combustión de Bagazo de caña de azúcar en una caldera Acuotubular mediante simulación CFD. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
- ANDI - Cámara de la Industria de Pulpa Papel y Cartón. (2017). Informe de Sostenibilidad Ambiental 2017. (Pecac 2020), 123.
- Becerra, A. P., Buitrago, A., & Pinto, P. (2016). Sostenibilidad Del Aprovechamiento De Caña De Azúcar En El Valle Del Cauca, Colombia. Ingeniería Solidaria, 12(20), 133–149. Retrieved from <http://www.banrepcultural.org/revista-18>

### **13. ANEXOS**

- Anexo N°1 Lista de chequeos
- Anexo N° 22 Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales
- Anexo N° 3 Fichas de indicadores de cumplimiento
- Anexo N° 4 Fichas de indicadores de eficiencia