

**PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA PARA LAS PLANTAS PANELERAS
DE CUNDINAMARCA**

**MARIA JULIANA CARDENAS RODRIGUEZ
LAURA CAMILA PINZON MARTINEZ**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Director
JAINET ORLANDO BERNAL OROZCO
Magister en Ingeniería Industrial**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2022**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Jainet Orlando Bernal Orozco

Firma del Director

Nombre

Firma del Presidente del

Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá D.C. 2022

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector de Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decana de la Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director de Programa de Ingeniería Industrial

Dr. Julio Aníbal Moreno

AGRADECIMIENTO

Nos gustaría expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestros padres por el apoyo, a todos los docentes por los conocimientos y experiencias brindadas, a nuestro director de trabajo de grado por la guía en la construcción de la investigación, y finalmente a todas las personas que de una u otra forma hicieron parte de este proceso.

Las directivas de la Universidad América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Descripción	13
1.2. Definición	18
2. ANTECEDENTES	19
2.1. Producción más Limpia	19
2.1.1. <i>Producción más Limpia en Colombia</i>	20
2.1.2. <i>Impactos ambientales de la panela post- cosecha</i>	21
2.1.3. <i>Iniciativas que mitiguen los impactos ambientales</i>	22
3. JUSTIFICACIÓN	27
4. OBJETIVOS	29
4.1. Objetivo General	29
4.2. Objetivos Específicos	29
5. DELIMITACIÓN	30
6. MARCO REFERENCIAL	31
6.1. Marco Conceptual	31
6.1.1. <i>Producción más limpia</i>	31
6.1.2. <i>Impactos Ambientales</i>	32
6.1.3. <i>Cadena Productiva</i>	34
6.1.4. <i>Mejoramiento de procesos</i>	35
6.1.5. <i>Riesgos ambientales</i>	36
6.1.6. <i>Desarrollo sostenible</i>	37

6.1.7. <i>Producción sostenible</i>	39
6.1.8. <i>Productividad</i>	40
6.2. Marco Teórico	41
6.2.1. <i>Etapas para la implementación de producción más limpia</i>	42
6.2.2. <i>Variables para tener en cuenta en la Producción más Limpia</i>	43
6.2.3. <i>Producción de panela en Cundinamarca</i>	44
6.2.4. <i>Estrategias Ambientales aplicadas a la industria panelera</i>	51
6.3. Marco Histórico	54
6.4. Marco Normativo	59
7. METODOLOGÍA	67
7.1. Tipo y método de investigación	67
7.2. Fuentes y técnicas de información	67
7.3. Fases	67
7.3.1. <i>Fase Exploratoria</i>	68
7.3.2. <i>Fase Descriptiva</i>	68
7.3.3. <i>Fase de Diseño</i>	69
7.3.4. <i>Fase de Análisis</i>	69
8. CARACTERIZACIÓN DE METODOS DE PML EN PLANTAS PANELERAS	71
8.1. Prácticas de producción más limpia aplicadas en plantas paneleras en Colombia	71
8.1.1. <i>Matriz de Leopold y diagrama de Pareto a partir de los impactos negativos generados por la producción de panela</i>	74
8.1.2. <i>Casos de éxito de la implementación de producción más limpia en plantas paneleras</i>	76
8.1.3. <i>Proceso de producción de panela en Cundinamarca</i>	92
8.1.4. <i>Conclusiones del primer objetivo</i>	97

9. DISEÑO DE ESTRATEGIAS Y BUENAS PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	98
9.1. Modificaciones en la hornilla	98
9.2. Tratamiento para el residuo de la cachaza	99
9.3. Tratamiento de aguas residuales	100
9.4. BPM	103
9.5. Conclusiones del segundo objetivo	103
10. BENEFICIOS DE UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LAS PLANTAS PANELERAS DE CUNDINAMARCA	105
10.1. Conclusiones del tercer objetivo	108
11. CONCLUSIONES	109
BIBLIOGRAFIA	94
ANEXOS	122

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama de bloques del sistema productivo de la panela.	14
Figura 2. Diagrama Ishikawa Tipo de Flujo de Proceso.	15
Figura 3. Cuadro Causa, impacto e iniciativas.	16
Figura 4. Hornilla Mejorada	23
Figura 5. Actividades mitigación de la contaminación del suelo.	25
Figura 6. Definiciones Producción más Limpia.	31
Figura 7. Definiciones Impacto Ambiental.	33
Figura 8. Definiciones de Cadena Productiva	34
Figura 9. Definiciones Mejoramiento de Procesos.	35
Figura 10. Definiciones Riesgos Ambientales.	36
Figura 11. Definiciones de Desarrollo Sostenible.	38
Figura 12. Definiciones Producción Sostenible.	39
Figura 13. Definiciones Productividad.	40
Figura 14. Proceso productivo de la panela	45
Figura 15. Características del molino	46
Figura 16. Prelimpiador	47
Figura 17. Tipos de pailas utilizadas en las hornillas.	49
Figura 18. Hornilla Tradicional	50
Figura 19. Estrategias de Producción más limpia	53
Figura 20. Resolución 779 de 2006.	59
Figura 21. Resolución 2674 de 2013.	60
Figura 22. Decreto 1371 de 1999.	61
Figura 23. Política para la gestión integral de residuos.	62
Figura 24. Decreto 2811 de 1974.	63
Figura 25. Ley 9 de 1979.	64
Figura 26. Decreto 1449 de 1977.	64
Figura 27. Política de producción más limpia.	65
Figura 28. Matriz de alternativas de producción más limpia.	71
Figura 29. Matriz de Leopold del proceso de producción de panela	74

Figura 30. Diagrama de Pareto proceso producción panela	75
Figura 31. Mapa de Cundinamarca, con la ubicación de las plantas paneleras tomadas como casos de éxito.	77
Figura 32. Mapa de la hidrografía de Cundinamarca	78
Figura 33. Grafica de líneas de producción de caña y de panela	81
Figura 34. Grafica de líneas de la eficiencia del horno	82
Figura 35. Grafica de líneas de la generación de monóxido de carbono	82
Figura 36. Grafica de líneas de la energía arrojada al ambiente	83
Figura 37. Matriz de casos de éxito	83
Figura 38. Distribución de las principales actividades de PML en Cundinamarca	87
Figura 39. Disminución de costos de operación con modificaciones en la hornilla	92
Figura 40. Proceso de la producción de panela en fotos con PML y sin PML	93
Figura 41. Diagrama de flujo de proceso de la producción de panela Cundinamarca	96
Figura 42. Análisis de brechas para la estrategia de modificaciones en la hornilla	99
Figura 43. Análisis de brechas para la estrategia de tratamiento para el residuo de la cachaza	99
Figura 44. Análisis de brechas para la estrategia de tratamiento de aguas residuales	100
Figura 45. Análisis de brechas para la estrategia de buenas prácticas de manufactura	103
Figura 46. Tabla de beneficio ambiental y productivo, costo y periodo de implementación de las estrategias de PML.	105
Figura 47. Matriz Costo versus impacto	108
Figura 48. Perfil Sanitario Central de Mieles.	129
Figura 49. Porcentaje de cumplimientos obligatorios de Asopromieles	130

RESUMEN

La presente investigación tiene como base la identificación de los impactos negativos generados por la producción de panela en Cundinamarca y las actividades que los ocasionan; con el objetivo de proponer estrategias de producción más limpia que mitiguen dichos impactos, beneficien la productividad de los trapiches paneleros, y que adicionalmente, sean reconocidos por medio de certificaciones ambientales, como el certificado de panela orgánica que permite que los productores se abran camino al mercado exterior.

Los factores que se tienen relevancia para la elaboración de este trabajo son la producción de panela como una de las principales actividades económicas en Colombia, y el no reconocimiento al valor agregado que se obtiene con la implementación de producción más limpia. Lo anterior es importante ya que este sector ofrece a los diferentes departamentos del país crecimiento económico, laboral y social; además de la necesidad de fortalecerlo con la implementación de procesos amigables con el medio ambiente que permitan la sustentabilidad en el tiempo.

PALABRAS CLAVES: Impactos Ambientales, Producción Panelera Cadena productiva de la panela, Producción Sostenible, Estrategias Ambientales.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación parte del planteamiento del problema ambiental, de las plantas paneleras en Cundinamarca, teniendo en cuenta el proceso de producción actual, y el propuesto a través de prácticas de producción más limpia.

En línea con lo anterior, la presente investigación pretende plantear una propuesta de producción más limpia en plantas paneleras en Cundinamarca, partiendo de los procesos que afectan en mayor medida al medio ambiente, para así proponer algunas modificaciones en la ejecución de los procesos y/o la infraestructura que requieran de ajustes, adicionalmente se sugiere hacer el debido tratamiento de los residuos que generan algunas actividades.

Por consiguiente, la estructura inicial para el desarrollo de la investigación está constituida por el planteamiento del problema, justificación, objetivo general y objetivos específicos, principalmente enfocados en la caracterización de prácticas de producción más limpia en plantas paneleras en Cundinamarca y el diseño de estrategias de PML, para finalmente identificar los posibles beneficios ambientales y productivos; seguido de esto se da paso a la delimitación sesgada al departamento de Cundinamarca, el marco referencial y por último la metodología correspondiente a la evolución de la investigación.

Posteriormente a la estructura inicial, prosigue la etapa de resultados donde se desarrollan cada uno de los objetivos específicos, con el fin de dar cumplimiento al objetivo general; el cual tiene como propósito la identificación de mejoras o modificaciones en el proceso con la finalidad de beneficiar al medio ambiente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la transformación de caña de azúcar a panela, en los trapiches de Cundinamarca, se han identificado prácticas que afectan el entorno y el medio ambiente, estas problemáticas serán definidas a través del diagrama A3 que se encuentra a continuación.

1.1. Descripción Diagrama A3

1. Descripción del problema

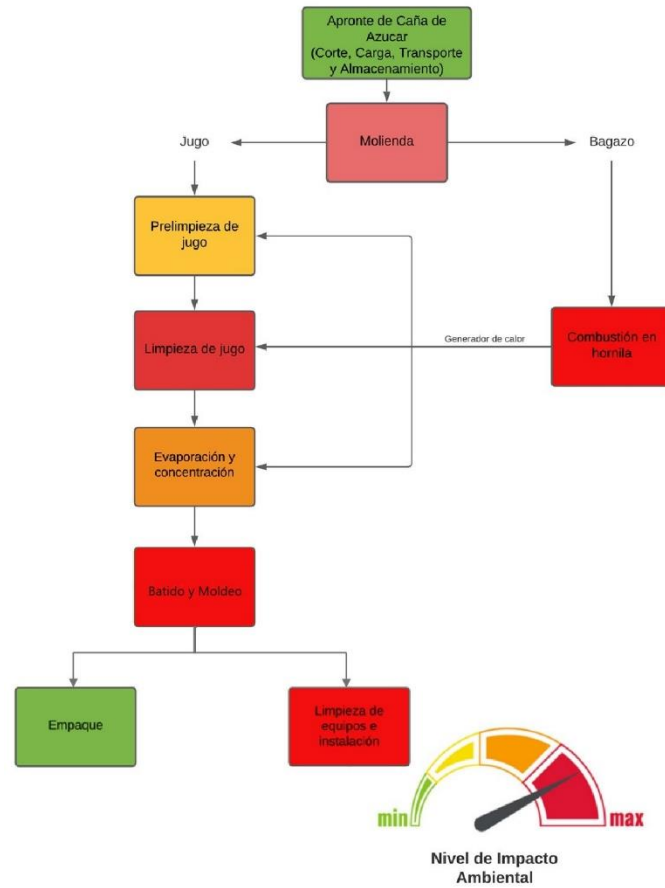
Actualmente en algunos trapiches paneleros de Cundinamarca los procesos de producción son tradicionales, esto afecta al medio ambiente considerablemente.

Por lo tanto, se evidencia una notable afectación en la fauna, flora y en el recurso hídrico a causa de la contaminación del agua, de la atmósfera y de la tierra.

2. Situación actual

Figura 1.

Diagrama de bloques del sistema productivo de la panela.

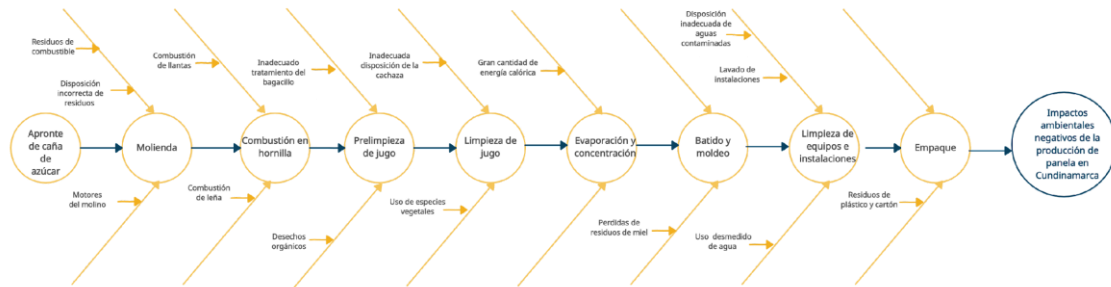


Nota. Diagrama de bloques del sistema productivo de la panela y el nivel de impacto ambiental por etapas.

3. Análisis causa raíz

Figura 2.

Diagrama Ishikawa Tipo de Flujo de Proceso.



Nota. Diagrama Ishikawa Tipo de Flujo de Proceso de las plantas paneleras.

Figura 3.

Cuadro Causa, impacto e iniciativas.

Problema	Proceso	Causa	Impacto	Iniciativas
Impactos ambientales negativos de la producción de panela en Cundinamarca	Apronte de caña de azúcar			
	Molienda	Residuos de combustible	Contaminación del agua y del suelo	Realizar mantenimientos predictivos y preventivos
		Disposición incorrecta de residuos	Olores fuertes	Mantenimiento de sistema de admisión de combustible
		Motor del molino	Ruidos generados por el motor	Adaptación de los tubos de escape de los motores
	Combustión en la hornilla	Combustión de leña	Deforestación	Usar únicamente bagazo en la combustión de la hornilla
		Combustión de lantitas	Deslizamiento de tierra	Implementar biocombustibles a partir de la celulosa bagazo
	Prelimpieza del jugo	Inadecuado tratamiento de bagacillo	Contaminación atmosférica y del suelo	Implementación adecuada de las impurezas (bagacillo)
		Desechos orgánicos	Contaminación del agua	
	Limpieza de jugo	Inadecuada disposición de la cachaza	Concentración de plagas	Tratamiento de la cachaza para alimento de animales
			Contaminación hídrica	Cultivo de especies vegetales
		Uso de especies vegetales	Afectación de la flora	
	Evaporación y concentración	Gran cantidad energía calórica	Disminución de las especies nativas vegetales	Adaptar la altura de la chimenea para lograr una transmisión de calor eficiente
			Perturbación del microclima	
	Batido y moldeo	Pérdida de residuos de miel	Diffusión de focos de contaminación	Ubicar envases donde se depositen los residuos de miel
	Limpieza de equipos e instalaciones	Lavado de instalaciones	Afectación en el suelo	Implementar un tanque para depositar los residuos de agua y hacer uso de esta en algún proceso posterior
Disposición inadecuada de aguas contaminadas		Derrame de aguas dulces residuales		
Uso desmedido de agua		Impacto negativo en el ciclo biogeoquímico		
Empaque	Residuos de plástico y cartón	Contaminación de suelos	Depositar los residuos sólidos en canecas reciclables	
		Agotamiento del recurso hídrico		
		Contaminación por residuos sólidos		

Nota. Cuadro realizado a partir del diagrama Ishikawa donde se representan las causas, impactos e iniciativas

En el diagrama A3 expuesto anteriormente, se representan los principales efectos ambientales causados por la elaboración de panela en Cundinamarca. En la sección de situación actual, se identificó en un diagrama de bloques el nivel de impactos negativos ocasionados en el medio ambiente según los procesos productivos, este esquema se basa en documentos referentes a la contaminación ambiental de los procesos de una planta panelera. En dicho esquema se reconocen el batido y moldeo, la combustión en la hornilla y la limpieza de equipos e instalaciones como los procesos que contribuyen en mayor medida en la generación de dichos efectos en el ambiente; a continuación, se encuentra la limpieza de jugo y la molienda de caña de azúcar como actividades que tienen consecuencias contundentes; finalmente se clasificó apronte de caña de azúcar, prelimpieza de jugo, evaporación, concentración y empaque en un impacto medio.

En el diagrama Ishikawa Tipo de Flujo de Proceso se representa el análisis causa raíz, el cual presenta tanto el origen como las consecuencias ambientales negativas generadas en cada uno de los procesos de la fabricación de panela. En el proceso de apronte no se identificaron actividades que generen afectaciones en el medio ambiente, por el contrario, las hojas desprendidas en el corte de caña de azúcar aportan nutrientes al suelo. En el siguiente proceso se encuentra la molienda, en la cual se evidencia la contaminación del agua, acústica y del suelo, olores fuertes y emisiones de humo, causadas por el funcionamiento mecánico de los motores del molino y la inapropiada disposición de residuos.

Adicionalmente, en el proceso de combustión de la hornilla se identifican consecuencias negativas en el ambiente como la deforestación, el deslizamiento de tierra y la contaminación atmosférica por emisiones, que son generadas por la combustión de materiales alternativos y poco recomendables como lo son la leña y las llantas. Posteriormente en la prelimpieza del jugo se presenta contaminación a la atmosfera, al agua, al suelo, y propagación de plagas por el inadecuado tratamiento de bagacillo y generación de desechos orgánicos.

A raíz de la inadecuada disposición de la cachaza y el uso de especies vegetales en el

proceso de limpieza del jugo extraído en el proceso de molienda, se genera contaminación hídrica, afectación de la flora y disminución de las especies nativas vegetales. Por otro lado, para la correcta operación de la evaporación y concentración se requiere una cantidad considerable de energía calórica lo que ocasiona perturbación en el microclima del lugar.

Por su parte el proceso de batido y moldeo origina difusión de focos de contaminación dada la pérdida de residuos de miel. Más adelante, en el proceso de limpieza de equipos e instalaciones, se da una afectación en el suelo, derrame de aguas residuales, impacto negativo en el ciclo biogeoquímico, contaminación del suelo y agotamiento del recurso hídrico. Finalmente, en la operación de empaque se genera contaminación por residuos sólidos como el cartón y el plástico. [1]

1.2. Definición

Por todo lo anterior se propone la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las características de una propuesta de producción más limpia en plantas paneleras de Cundinamarca?

2. ANTECEDENTES

Se realiza una exploración de información que este en un periodo no mayor a cinco años, acerca de la industria panelera en Colombia, específicamente en el departamento de Cundinamarca y los impactos ocasionados en el ambiente a causa de su actividad productiva.

2.1. Producción más Limpia

La producción más limpia se enfoca en las prácticas que deben adoptar las empresas y el seguimiento constante de estrategias ambientales para lograr una reducción de impactos generados por el sistema de producción, prestación de servicio y finalmente el producto; generalmente esta metodología busca la moderación de residuos, emisiones, desechos y acciones contaminantes, respecto a los procesos de producción.

Para que las organizaciones puedan implementar esta buena práctica deben adaptar algunos de los procesos de producción desde la entrada de materia prima hasta la distribución del producto final con el fin de contrarrestar los impactos ambientales negativos ocasionados por sus actividades y así, generar beneficios económicos y aumentar el bienestar del medio ambiente.

Un estímulo para que las empresas adopten esta práctica, es la utilidad económica que brindan los sectores gubernamentales para impulsar la eficiencia, productividad y competitividad de la empresa, resaltando las metas de la organización y los objetivos de desarrollo sostenible, ya que actualmente es evidente la necesidad de proteger al medio ambiente.

Las actividades que permitirán llevar a cabo la participación de los actores del sector industrial en la producción más limpia son: Mejora en los procedimientos de operación, capacitación de los trabajadores, mejorar la calidad en compra de materias

primas, evaluación, implementación y mantenimiento de técnicas para minimizar emisiones atmosféricas y residuos, identificación de fuentes principales de residuos y emisiones atmosféricas, localización de procesos con alta generación de productos fuera de especificación y de procesos con alta generación de residuos y emisiones, mejorar sistemas de aislamiento de ruido en áreas necesarias e implementar sistemas eficientes de prevención y control de emisiones atmosféricas. [2]

2.1.1. Producción más Limpia en Colombia

Las estrategias que tiene Colombia acerca del cambio de producción tradicional a una más limpia tienen como base los lineamientos nacionales de asistencia técnica, los programas, convenios, políticas, guías e instrumentos ambientales, económicos y fiscales. Todo esto con el fin de obtener procesos óptimos enfocados en la innovación tecnológica y el desarrollo sostenible de las organizaciones.

Para dar cumplimiento a las estrategias anteriormente nombradas, los autores B.E. Rocha Gil y A. Echeverri Rubio resaltan la importancia de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible para la implementación de la producción más limpia, la cual integra tendencias de producción y consumo sostenible para adaptar la producción y el consumo colombiano a la responsabilidad socioambiental. [3].

Algunos de los sectores productivos en Colombia que se han acoplado a la práctica de producción más limpia en Colombia con mayor frecuencia son el sector agropecuario, el sector de la salud y el sector alfarero; adoptando medidas como la protección del recurso hídrico, de la materia prima y de la energía. Adicionalmente, se busca reducir los impactos ambientales negativos, como la contaminación atmosférica, del suelo y del agua causada por los procesos de producción y de prestación de servicios.[4]

2.1.2. Impactos ambientales de la panela post- cosecha

Después de la identificación de los efectos ambientales en cada uno de las actividades que se requieren para la obtención de panela como lo mencionan Ordoñez Díaz y Rueda Quiñonez en la “Evaluación de los impactos socioambientales relacionados a la producción de panela en Santander” se definió que en la molienda el principal impacto al ambiente es la contaminación atmosférica causada por los motores del molino que funcionan con diésel, generando gases de efecto invernadero como monóxido de carbono, compuestos orgánicos totales, material particulado y el óxido de nitrógeno; adicionalmente el motor origina altos niveles de ruido ocasionando contaminación acústica .

Como lo dice Héctor Andrés Cardenas en los “Riesgos ambientales y sociales en la producción de panela”, en la etapa de prelimpieza hay una cantidad considerable de desechos orgánicos que deben tener una adecuada disposición para evitar ser foco de plagas, las cuales pueden llegar a ocasionar graves problemas, sin embargo, es muy común que estos residuos terminen en recursos hídricos ocasionando contaminación del agua.

Como en otros procesos, en la limpieza del jugo extraído de la caña de azúcar se evidencia contaminación hídrica. Y adicionalmente, se afecta la flora al hacer uso de especies vegetales que en muchas ocasiones no se cultivan.

En la siguiente etapa se encuentra el proceso de evaporación y concentración, el cual requiere hacer uso de las hornillas, donde se involucra directamente la energía calórica, provocando un cambio en el microclima del lugar. Además, para lograr una eficiencia óptima de la hornilla, se utilizan combustibles como el bagazo, sin embargo, este no es suficiente para generar el calor necesario, y por ende se emplean otros combustibles alternativos como leña y llantas; los cuales generan emisiones de gases tóxicos.

En la fase de batido y enfriamiento se evidencian pérdidas de residuos de miel ocasionando la difusión de focos de contaminación.

Una vez se realizan las anteriores operaciones se requiere hacer el lavado y limpieza de las instalaciones, donde se necesitan grandes cantidades de agua y una vez contaminadas son situadas en el ambiente sin ningún tratamiento, afectando el recurso hídrico. [1] [4].

Finalmente, en el empaque se identifican importantes, pero de menor nivel de afectación, como la generación de residuos sólidos como el cartón, madera y plástico.

2.1.3. *Iniciativas que mitiguen los impactos ambientales*

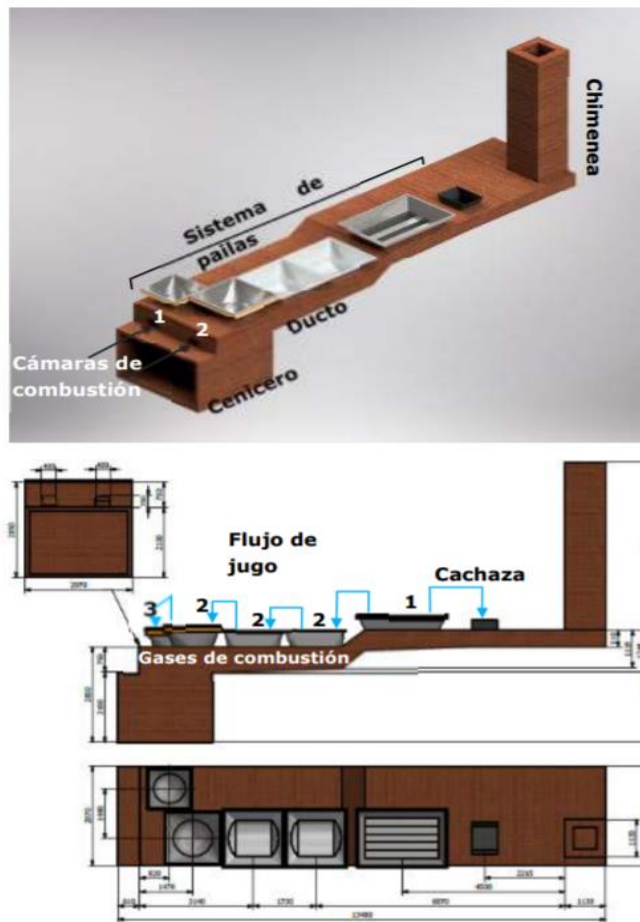
Actualmente, se están promoviendo iniciativas que mitiguen los impactos ambientales negativos en el ambiente generados por el proceso de producción panelera.

Una de las iniciativas principales son las hornillas mejoradas, las cuales tienen transformaciones tecnológicas que permiten una circulación adecuada entre los gases generados por la combustión en la hornilla y el jugo; estas hornillas tienen en su estructura dos cámaras de combustión planas, un ducto hecho en ladrillo refractario y una chimenea en ladrillo común.

Debido a que las hornillas mejoradas alcanzan temperaturas de 1.000°C y tienen aspectos favorables en la mitigación de efectos en el ambiente, ya que permiten la mejora del proceso, eliminando la combustión de leña y llantas, y por consiguiente se disminuye la deforestación y la contaminación atmosférica causada por esta etapa del proceso productivo. [4]

Figura 4.

Hornilla Mejorada



Nota. Diseño de hornilla mejorada tipo Cundinamarca y funciones de pailas: 1. Clarificación; 2. Evaporación 3. Concentración. Tomado de: G. A. Rodríguez-Borray et al, “Modelo productivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela en Cundinamarca”, *Colección Transformación del Agro*, pp. 104, 2020. [En línea]. Disponible en Miniagricultura:<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35698/ver%20documento%2035698.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Cabe resaltar la iniciativa del plan de medidas ambientales para los trapiches paneleros, donde se establecen actividades correctivas para la mitigación de los impactos ambientales, estas se dividen en cinco factores: el agua, el aire, la flora y fauna, y el suelo.

Para los impactos asociados a la contaminación del agua, se deben implementar capacitaciones para los empleados acerca del manejo del agua potable y la manipulación de aguas residuales, así como de los impactos y consecuencias que se pueden generar al contaminar el recurso hídrico.

Para mitigar la contaminación generada en el aire se deben instaurar los controles para el uso de combustibles alternativos como las llantas, implementados para generar calor en la hornilla, ya que lo recomendado es usar únicamente bagazo como material de combustión. Además, es de vital importancia diseñar y establecer planes de mantenimiento preventivo y predictivo para las instalaciones, la chimenea, el molino y la hornilla.

Por otro lado, para la flora y la fauna, donde se deben establecer medidas tanto para el manejo de plagas y su propagación, como para la correcta manipulación de insecticidas, ya que algunos insecticidas afectan contundentemente a la flora. Otra medida para la mitigación de impactos negativos es la siembra de las especies vegetales que se usan en el proceso de limpieza de jugos, adicionalmente se debe disminuir y/o evitar la leña como combustible para contrarrestar la deforestación.

En la contaminación del suelo, los trapiches deben instaurar planes de manejo para residuos sólidos y aguas residuales. Para el tratamiento de los residuos sólidos se debe establecer la clasificación e identificación de los tipos de desechos generados en la producción, adicionalmente se debe realizar una recolección, almacenamiento temporal, evacuación de los desechos y disposición final. En la figura 5 se establecen las especificaciones de los procesos de cada etapa.

Figura 5.

Actividades mitigación de la contaminación del suelo.

Etapa	Actividades
Tipos de desechos	<p>Los desechos tienen una clasificación genérica que se divide en residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.</p> <p>En la fabricación de panela los residuos de bagacillo, cachaza, plástico, cartón y cenizas son de tipo no peligroso.</p>
Recolección	<p>Establecer contenedores que estén identificados, rotulados y de fácil ubicación para depositar correctamente los desechos.</p> <p>Para la disposición de la cachaza, deben estar a disposición la cantidad de contenedores que sean necesarios y permanecer cerrados.</p>
Almacenamiento temporal	<p>Establecer un área temporal de almacenamiento para los desechos sólidos. Esta área debe tener las siguientes características:</p> <p>Estar retirada de la planta de producción.</p> <p>Tener un piso de cemento con acabado totalmente liso y sin grietas u orificios para evitar el desarrollo de microorganismos.</p>
Evacuación de los desechos	<p>Al realizar las actividades de evacuación de desechos es necesario realizar los siguientes procesos:</p> <p>Limpieza de recipientes y equipos.</p> <p>Lavar y desinfectar el área de almacenamiento de desechos.</p>

Disposición final	Se debe disponer de los desechos de la siguiente manera: Los desechos que se pueden reutilizar en la actividad de producción se deben reincorporar al proceso requerido. Los desechos que pasan por un sistema de recolección, transporte y tratamiento de residuos establecido por el municipio donde se encuentre la planta panelera.
-------------------	---

Nota. Tabla actividades de mitigación de impactos ambientales negativos en el suelo

Para el plan de disposición de aguas residuales, hay que establecer rutas de eliminación de residuos contaminantes y el tratamiento adecuado para estos. Las rutas de eliminación deben ser simples, óptimas, directas y estar alejadas de las áreas limpias, comunes y de producción; el tratamiento de estas rutas de aguas contaminadas debe hacerse de forma constante para evitar malos olores, existencia de plagas, microorganismos y fermentación. [6]

3. JUSTIFICACIÓN

La producción más limpia permite contrarrestar los impactos negativos generados por las actividades del sector industrial, reduciendo los residuos, las emisiones contaminantes y los desechos. Es por esta razón por lo que se evidencia la importancia de la implementación en el sector panelero, de una producción más sostenible y amigable con el medio ambiente a partir de las buenas prácticas, debido a que estas permiten una mayor competitividad en el mercado a partir de la calidad de la panela, promoviendo la conciencia ambiental y el desarrollo sostenible. [1].

Esta propuesta pretende exponer alternativas innovadoras y amigables con el ambiente, las cuales podrán ser aplicadas en cada una de las actividades de producción tradicional de la panela, ya que actualmente esta industria genera contaminación atmosférica, hídrica, acústica y del suelo. [6].

Los principales actores en la contaminación, nombrados anteriormente, se evidencian en toda la cadena de producción exceptuando el apronte de la caña de azúcar, la cual es la primera actividad de producción, lo que sugiere que el 72% del proceso tiene impactos considerables como negativos en el ambiente. Las operaciones que generan un mayor grado de afectación son el batido y moldeo, la combustión en la hornilla, el lavado y limpieza de instalaciones y equipos, las cuales generan contaminación en el suelo, en el agua, concentración de plagas, difusión de focos de contaminación, agotamiento del recurso hídrico, grandes cantidades de emisiones. Adicionalmente, otras operaciones del proceso traen consigo efectos negativos como la deforestación, el deslizamiento de tierra, la afectación de la flora, entre otras. Es así como se identifica la necesidad de adecuar al proceso de fabricación en los trapiches, las prácticas y herramientas que vayan en pro de la sostenibilidad, tales como la adecuación de infraestructura de la hornilla tradicional que permitirá alcanzar la temperatura requerida por el sistema térmico haciendo uso únicamente de bagazo como combustible, reduciendo las emisiones tóxicas y desfavorables al ambiente y la deforestación; otra práctica que se debe

implementar es la capacitación para los trabajadores acerca del tratamiento, manipulación y correcta disposición de aguas residuales y de residuos sólidos. [5].

Esta propuesta tiene un alcance del perfil de un Ingeniero Industrial, ya que busca la gestión y optimización de procesos teniendo como principal objetivo el desarrollo sostenible y la competitividad en la industria como estrategia de crecimiento, sin dejar de lado la responsabilidad social y ambiental.[7].

4. OBJETIVOS

Para el desarrollo de la investigación se expone el siguiente objetivo general acompañado de los objetivos específicos.

4.1. Objetivo General

Elaborar una propuesta de producción más limpia para las plantas paneleras de Cundinamarca, a través de la identificación de mejoras en el proceso de producción, que beneficien el medio ambiente.

4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar métodos de producción más limpios en plantas paneleras existentes en Colombia, a través de la búsqueda de información en fuentes secundarias, de tal forma que se obtenga un referente académico de buenas prácticas de producción de panela en Cundinamarca.
- Diseñar las estrategias y buenas prácticas de producción más limpia que sean aplicables a las plantas paneleras de Cundinamarca, aplicando los lineamientos de sostenibilidad y planeación estratégica; para poder contribuir a la mitigación de los impactos ambientales generados por las organizaciones del sector en estudio.
- Estimar los posibles beneficios de una producción más limpia en las plantas paneleras de Cundinamarca, a partir del enfoque ambiental y de productividad, empleando técnicas cualitativas.

5. DELIMITACIÓN

El presente proyecto tendrá inicio a partir de la exploración de información y concluye con una propuesta de producción más limpia para las plantas paneleras en Cundinamarca. El proyecto tendrá una duración de cuatro (4) meses comprendidos entre enero y mayo del 2022.

6. MARCO REFERENCIAL

En el siguiente marco se establece información referente al desarrollo del proyecto, a través del marco conceptual, marco teórico, marco normativo y marco histórico, que dan soporte y sustentación de este.

6.1. Marco Conceptual

A través del marco conceptual se presentarán las palabras claves que dan relevancia y fundamento al proyecto. Con el fin de contextualizar el contenido de la investigación.

6.1.1. Producción más limpia

Se considera producción más limpia como una estrategia empresarial que permite que las organizaciones optimicen sus procesos productivos permitiendo aumentar la eficiencia, reducir los impactos ambientales y los costos de producción.

Figura 6.

Definiciones Producción más Limpia.

Autor	Definición
Bart Van Hoof, Néstor Monroy, Alex Saer 2018	“La Producción más Limpia ha sido promovida a nivel mundial, como una visión novedosa para involucrar la actividad empresarial a los programas y proyectos relacionados con la conservación y protección ambiental. Por medio de su enfoque preventivo, distinto a los esquemas tradicionales de comando y control, la Producción más Limpia busca implementar proyectos que generen beneficios económicos, tangibles para las empresas y que a la vez lleven a beneficios ambientales.” [8].

Autor	Definición
Mauricio Restrepo Gallego 2006	«De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la producción más limpia es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente. Este concepto puede ser aplicado a diferentes procesos industriales, a productos en sí mismos y a varios servicios ofrecidos a la sociedad.» [9].
Perla Paredes Concepción 2014	«Estrategia empresarial orientada hacia procesos productivos, productos y servicios, para fortalecer la competitividad empresarial mediante innovaciones tecnológicas, reducción de costos, y disminución de riesgos en aspectos de seguridad, salud humana y medio ambiente. La esencia de esta estrategia de carácter preventivo busca el uso eficiente de energía, agua e insumos, así como el aprovechamiento de residuos, integrando al mismo tiempo beneficios económicos, ambientales y sociales.» [10.]

Nota. Definición del concepto de Producción más Limpia según varios autores, relacionados con la investigación.

6.1.2. Impactos Ambientales

Los impactos ambientales se generan a partir de acciones o actividades humanas, las cuales traen como consecuencia una modificación o alteración en el medio ambiente o en algún elemento de este; estas alteraciones pueden ser de carácter positivo o negativo, y tienen una estrecha relación con el bienestar y salud humana.

Figura 7.

Definiciones Impacto Ambiental.

Autor	Definición
Domingo Gómez Orea 2003	«El impacto ambiental se origina en una acción humana y se manifiesta según tres facetas sucesivas: la modificación de alguno de los factores ambientales o del conjunto del sistema ambiental, la modificación del valor del factor alterado o del conjunto del sistema ambiental, y la interpretación o significado ambiental de dichas modificaciones y en último término para la salud y bienestar humano.» [11]
Vicente Conesa Fdez 2011	“Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción consecuencia de un proyecto o actividad produce una alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, una ley o una disposición administrativa con implicaciones ambientales.” [12]
Alfonso Garmendia Adela Salvador Cristina Crespo Luis Garmendia 2005	“Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Hay que tener en cuenta que no todas las variaciones medibles de un factor ambiental pueden ser consideradas como impactos ambientales” [13]

Nota. Definición del concepto de Impactos Ambientales según varios autores, relacionados con la investigación.

6.1.3. Cadena Productiva

La cadena productiva de una organización comprende la ejecución de actividades productivas, operacionales, administrativas y logísticas. Adicionalmente, la relación de los principales actores partícipes en la cadena con el fin de convertir el insumo o materia prima en un producto terminado y distribuido.

Figura 8.

Definiciones de Cadena Productiva

Autor	Definición
Gary Gereffi 2009	“Una cadena productiva (commodity chain) se refiere al amplio rango de actividades involucradas en el diseño, producción y comercialización de un producto. Las cadenas productivas dirigidas al productor son aquellas en las que los grandes fabricantes, comúnmente transnacionales, juegan los papeles centrales en la coordinación de las redes de producción (incluyendo sus vínculos hacia atrás y hacia delante).” [14]
Damien van der Heyden, Patricia Camacho, Christian Marlin y Magda Salazar González 2004	“Una cadena productiva es un sistema constituido por actores y actoras interrelacionados y por una sucesión de operaciones de producción, transformación y comercialización de un producto o grupo de productos en un entorno determinado”. [15]
Danielle Tomta, y Césaire Chiatchoua 2009	“Es un conjunto de agentes económicos que participan directamente en la producción, transformación y el traslado hacia el mercado de un mismo producto.

Autor	Definición
	Tiene como principal objetivo localizar las empresas, las instituciones, las operaciones, las dimensiones y capacidades de negociación, las tecnologías, las relaciones de producción y las relaciones de poder en la determinación de los precios.” [16]

Nota. Definición del concepto de Cadena Productiva según varios autores, relacionados con la investigación.

6.1.4. *Mejoramiento de procesos*

Se entiende por mejoramiento de procesos como una estrategia posterior al estudio y análisis de la eficiencia de los procesos, que tiene como principal objetivo optimizar el funcionamiento y ejecución de las actividades adicionalmente, gestionar oportunamente los recursos de la organización.

Figura 9.

Definiciones Mejoramiento de Procesos.

Autor	Definición
Lupita Serrano Gómez y Néstor Raúl Ortiz Pimiento 2011	«Algunos autores (Davenport, 1990; Galloway, 2002; Harrington, 1993) han definido el mejoramiento de procesos como el análisis sistemático del conjunto de actividades interrelacionadas en sus flujos, con el fin de cambiar para hacerlos más efectivos, eficientes y adaptables y así lograr aumentar la capacidad de cumplir los requisitos de los clientes, buscando, que durante la transformación de las entradas, se analicen los procesos para optimizarlos con el propósito de obtener salidas que creen o agreguen valor a la organización. .» [17]

Autor	Definición
Tomás José Fontalvo Herrera, Raúl Quejada y Joaquín Guillermo Puello Payares 2011	“Proceso creciente y continuo, mediante el cual una persona u organización establece nuevos desafíos cada día. Para este propósito, se diseñan e implementan técnicas, procedimientos y/o modelos para así, obtener las mejores prácticas para la ejecución de un proceso.” [18]
Giovanni Pérez Ortega Ana María Soto Camargo 2005	“El mejoramiento de procesos en una empresa se convierte en una metodología de solución a los problemas que enfrenta, constituyéndose en una herramienta importante a la hora de dinamizarla y modernizarla” [19]

Nota. Definición del concepto de Mejoramiento de procesos según varios autores, relacionados con la investigación.

6.1.5. Riesgos ambientales

Los riesgos ambientales hacen referencia a los escenarios, provocados por actividades humanas, donde se presenta exposición a peligros que pueden causar cambios o perturbar el medio ambiente, afectando así a la flora, la fauna e incluso al ser humano.

Figura 10.

Definiciones Riesgos Ambientales.

Autor	Definición
Arturo Sánchez Gándara 2011	“Situación que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas durante la ejecución y operación normal de una obra o actividad” [20]
Instituto Nacional de Ecología 2003	“Se identifica como la probabilidad de que un individuo o una población presenten una mayor incidencia de

Autor	Definición
	efectos adversos por exposición a un peligro. La evaluación del riesgo ambiental es la determinación de la naturaleza y probabilidad de que las actividades humanas provoquen efectos indeseables en los animales, las plantas y el ambiente.” [21]
Miriam Alfie Cohen 2017	«Es tanto una consecuencia del proceso civilizatorio denominado modernidad, como una categoría teórica que puede conjugar una serie de elementos relacionados con la degradación y los cambios en el ambiente, pero también se convierte en un instrumento que permite medir la probabilidad de que ocurra una catástrofe y su relación con los niveles de vulnerabilidad de las personas afectadas y de su entorno inmediato.» [22]

Nota. Definición del concepto de Riesgos ambientales según varios autores, relacionados con la investigación.

6.1.6. Desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible tiene como principal objetivo equilibrar los intereses económicos y los intereses ambientales; teniendo en cuenta la relación de cada una de las partes del proceso con el medio ambiente, y la utilización racional de los recursos naturales limitados para satisfacer las necesidades.

Figura 11.

Definiciones de Desarrollo Sostenible.

Autor	Definición
Iván Marcos Fernández 2012	“El desarrollo sostenible expresa dos ideas muy claras: el uso racional de los recursos naturales y la protección del ecosistema mundial en las figuras de los ciudadanos (respeto al medio, cambio de hábitos), ciencia (conocimientos y soluciones) y poderes públicos (legislación y cooperación con otros países).” [23]
Roberto Bermejo Gómez de Segura 1987	“El IB es conocido por su definición del concepto de desarrollo sostenible: El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. [24]
Gilberto Gallopín 2010	“Secuencia teleológica de adaptación consciente y orientada al logro de las metas; previene los patrones irreversibles; mantiene el nivel de organización (negentropía) del sistema económico; optimiza los procesos dinámicos de extracción, producción, consumo, reciclaje y tratamiento de desechos.” [25]

Nota. Definición del concepto de Desarrollo Sostenible según varios autores, relacionados con la investigación.

6.1.7. Producción sostenible

La producción sostenible busca disminuir los impactos ambientales negativos, como la generación de residuos, materiales tóxicos o emisión de gases; además de mermar la utilización de los recursos naturales. Todo esto, a través de acciones y procesos de producción que estén a favor del crecimiento económico basado en la consideración por el medio ambiente.

Figura 12.

Definiciones Producción Sostenible.

Autor	Definición
Antonio Turrent Fernández Rodolfo Moreno Dahme 1998	«La producción sostenible de alimentos de origen vegetal requiere de la existencia de sistemas agrícolas que puedan evolucionar hacia un mayor aprovechamiento humano y, a la vez, tengan una mejor eficiencia en el uso de los recursos disponibles, así como, que permitan el establecimiento de un equilibrio con el ambiente, que sea favorable, tanto a los humanos, como a la mayoría de las otras especies existentes en diversos ecosistemas.» [26]
PNUMA 2010	«El uso de servicios y productos conexos que den respuesta a las necesidades básicas y aporten una mayor calidad de vida, reduciendo al mismo tiempo al mínimo el uso de recursos naturales y de materiales tóxicos, así como las emisiones de desechos y de sustancias contaminantes durante el ciclo de vida del servicio o producto con el fin de no poner en riesgo la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras» [27]

Autor	Definición
ONU y YFP 2017	“Se propone reducir al mínimo los efectos ambientales negativos de los sistemas de producción y consumo, teniendo en cuenta todas las etapas del ciclo de vida de los productos y servicios y, al mismo tiempo, promoviendo la calidad de vida de todos.” [28]

Nota. Definición del concepto de Producción Sostenible según varios autores, relacionados con la investigación.

6.1.8. Productividad

Se entiende por productividad a la gestión eficiente de recursos que se requieren para obtener un producto final o prestación de servicios, es decir es la relación entre los recursos tales como personas, insumos, instalaciones, etc. y la salida del proceso que implemento estos recursos.

Figura 13.

Definiciones Productividad.

Autor	Definición
Joseph Prokopenko 1989	La productividad se define como el uso eficiente de recursos, trabajo, capital, tierra, materiales, energía, información en la producción de diversos bienes y servicios. Una productividad mayor significa la obtención de más con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo.[29]
Humberto Gutiérrez Pulido 2010	La productividad tiene que ver con los resultados que se obtienen en un proceso o un sistema, por lo que incrementar la productividad es lograr mejores

Autor	Definición
	resultados considerando los recursos empleados para generarlos. En general, la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados.[30]
Roberto Carro Daniel A. González Gómez 2012	La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos). [31]

Nota. Definición del concepto de Productividad según varios autores, relacionados con la investigación.

6.2. Marco Teórico

En relación con las definiciones mencionados en el marco conceptual, y con el fin de profundizar en los mismos, se presentan los siguientes términos que soportan este proyecto de investigación:

- Etapas para la implementación de producción más limpia
- Variables para tener en cuenta en la Producción más Limpia
- Producción de panela en Cundinamarca
- Estrategias ambientales aplicadas a la industria panelera

6.2.1. Etapas para la implementación de producción más limpia

Según Irene Varela en Definición de producción más limpia, la implementación de esta estrategia consta de seis etapas: Compromiso e información básica, análisis de las etapas del proceso, identificación de opciones de producción más limpia, selección de las mejores opciones, implementación de aquellas opciones seleccionadas y por último mantener la producción más limpia. Cabe resaltar que las etapas mencionadas anteriormente se determinan como un proceso continuo y de mejora.

En la primera etapa es primordial el compromiso de toda la empresa desde el gerente, supervisores y operarios, ya que es fundamental definir un equipo que lleve a cabo la estrategia.

Por otro lado, para adelantar la producción más limpia el equipo debe tener información básica de la organización y de sus procesos, como lo son los productos generados, el volumen de producción, los recursos asociados a la producción y los gastos y costos en los que incurre la organización.

En la segunda etapa el equipo establecido en la primera etapa, deberá hacer el levantamiento de los procesos a través de un diagrama donde se deben especificar las entradas y salidas del proceso, adicionalmente deben identificar aquellas tareas y su principal fuente de generación de desperdicios, desechos y contaminación con sus respectivas cantidades producidas, para llegar a esta definición es importante que se respondan las siguientes preguntas respecto a los desechos, contaminación y/o desperdicios: ¿Dónde se generan? , ¿Cuánto se genera?, ¿Por qué se producen? y ¿Cómo se pueden reducir?.

Asimismo, en esta etapa se debe hacer un balance de los recursos implementados en el proceso tanto los naturales como los materiales, esto permitirá tener una línea base del proceso y hacer una posterior comparación cuando se ejecute la producción más limpia.

En la etapa tres el equipo de Producción más limpia listara las opciones que permitirán modificar la producción a una más sostenible a través de una lluvia de ideas, seguido de esta actividad las opciones serán clasificadas en: aquellas que deben ser implementadas de inmediato, las que deben ser evaluadas y por ultimo las rechazadas por su poca factibilidad.

La cuarta etapa consta de la evaluación de las opciones seleccionadas anteriormente para así poder priorizarlas, teniendo en cuenta la viabilidad financiera, técnica y ambiental de cada una de ellas. Es así como en la quinta etapa ya se lleva a cabo la implantación de las opciones priorizadas para la producción más limpia, para el éxito de estas es necesario tener un control y seguimiento constante de la ejecución de cada una definiendo desde el comienzo las tareas, responsables, tiempo de finalización y la métrica que permita seguir el rendimiento de la opción seleccionada y así conocer el éxito de las modificaciones del proceso.

Finalmente, para mantener la producción más limpia en la etapa seis y de esto modo implantar una mejora continua es necesario incluir una política ambiental interna o un sistema de manejo ambiental. Además, identificar nuevas metas acorde a la producción más limpia. [32]

6.2.2. Variables para tener en cuenta en la Producción más Limpia

Como lo indica Isabel Cristina Suarez en Estrategias para la producción más limpia en el sector de cacao y caña panelera en el Valle del Cauca bajo el marco del Plan Nacional de Negocios Verdes en Colombia, después de seleccionar las opciones que permitirán implementar una producción más limpia se deberá construir una matriz de alternativas que tendrá los siguientes campos: aspecto evaluado (área intervenida), alternativa (opción de PML), Clasificación (buena práctica, sustitución de materia prima, modificación del proceso y mejoramiento de tecnologías) e implicación (técnica, económica y ambiental). [33]

Por otro lado, Jaramillo Echeverri Carlos Alberto en Evaluación ambiental y económica de la implementación de estrategias de producción más limpia en la industria Descafeol del municipio de Manizales (estudio de caso), representan la evaluación financiera para el estudio de caso, a partir de la información dada se asume que las principales variables cuantitativas que se tienen en cuenta para proceder con la evaluación son: la inversión para la producción más limpia (PML), los ingresos, costos y gastos con y sin la producción más limpia, el beneficio económico con PML, periodo de inversión, tasa de oportunidad del industrial (TOI) y el valor presente neto de la inversión.

Adicionalmente se realiza una evaluación ambiental que consta de los siguientes factores: proceso intervenido, la estrategia de PML, el factor ambiental comprometido (aire, energía eléctrica, residuos, agua, etc), y la situación con y sin la estrategia de producción más limpia allí se pueden exponer las variables como las emisiones de CO₂, consumo en m³, kilovatios según aplique.

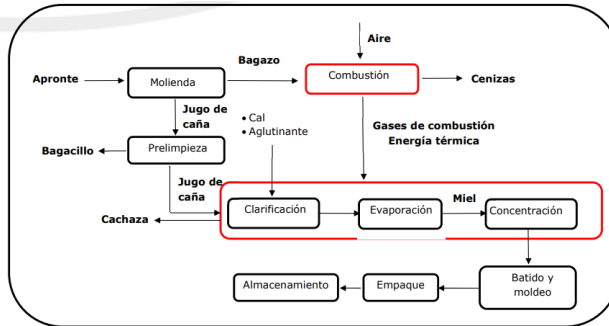
Una vez se tenga el resumen de los datos expuestos anteriormente la empresa podrá seleccionar con mayor tranquilidad las estrategias que ambiental y económicamente son viables. [34]

6.2.3. Producción de panela en Cundinamarca

El proceso de producción de la panela postcosecha en los trapiches de Cundinamarca, descrito por el Ministerio de Agricultura en la colección Transformación del Agro [3], empieza por el apronte y molienda de caña de azúcar, de este proceso se obtendrá el jugo de caña y los residuos de bagazo que se usan como combustible para generar calor en la hornilla; las siguientes fases son la prelimpieza y limpieza/clarificación donde se extraen residuos como el bagacillo y la cachaza; luego se procede con la evaporación y concentración en la que adquiere la miel que pasara al proceso de batido y moldeo para finalmente extraer la panela que será empacada. Este proceso se representa a continuación en la figura 14.

Figura 14.

Proceso productivo de la panela



Nota. Diagrama del proceso productivo de la Panela. Tomado de: Minagricultura , “La producción más limpia como estrategia ambiental en el marco del desarrollo sostenible”, *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, vol. 4, no. 8, p. 48, junio, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2017.v4.n8.a32>.

A partir de la caña de azúcar recolectada en el apronte se inicia la extracción de jugo en la molienda y al mismo tiempo la obtención del bagazo con las características requeridas para ser usado en la combustión. Para este proceso se requiere de un molino o trapiche de tres mazas (figura 15), que tiene una capacidad de 1000 kg caña/h adquiriendo el 57,8 % de jugo.

Figura 15.

Características del molino

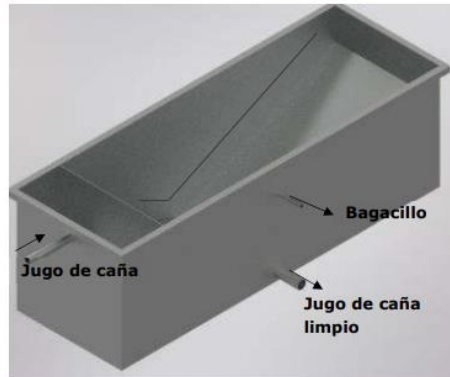
Maza	Dimensiones	
	Diámetro (Pulgadas)	Largo (Pulgadas)
Superior	8-1/8	10
Quebradora	7-1/4	10
Exprimidora	7-7/8	10

Nota. Características generales del molino de hornillas tradicionales. Tomado de: G. A. Rodríguez-Borray et al, “Modelo productivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela en Cundinamarca”, *Colección Transformación del Agro*, pp. 105, 2020. [En línea]. Disponible en Miniagricultura:<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35698/ver%20documento%2035698.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

En la etapa de prelimpieza se busca separar del jugo, sólidos como el bagacillo, actualmente en Cundinamarca hay dos métodos. El primer método, que cuenta con un porcentaje de implementación del 55,1%, se hace a través de equipos prelimpiadores (figura 16); el segundo consiste en el traspaso del jugo que se encuentra en el molino a un tanque denominado “pozuelo” que a su vez será trasladado a la primera paila de la hornilla.

Figura 16.

Prelimpiador.



Nota. Prelimpiador de jugo de caña. Tomado de: G. A. Rodriguez-Borray et al, “ Modelo productivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela en Cundinamarca”, *Colección Transformación del Agro*, pp. 109, 2020. [En línea]. Disponible en Miniagricultura:<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35698/ver%20documento%2035698.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

En el siguiente proceso se encuentra la limpieza o clarificación, la cual se realiza generalmente en las dos primeras pailas de la hornilla, en este proceso se añaden floculantes o clarificantes y se modifica el Ph con cal para coagular los coloides, esta operación se denomina “encalado”, una vez terminado este proceso se deben retirar los coloides y la cachaza que se creó en la mezcla; cabe resaltar que la cachaza es utilizada para la alimentación de animales. [3]

En Cundinamarca se ha encontrado con mayor frecuencia la utilización de clarificantes naturales como el guácimo (54,1 %), el balso (18,2 %) y las mezclas de guácimo-balso (13,8 %).

En la siguiente etapa del proceso se encuentra la evaporación y concentración, que consiste en transformar el jugo a miel removiendo más del 80% de agua del jugo, es allí donde se debe alcanzar una temperatura entre 120°C y 125°C para obtener una concentración de sólidos; adicionalmente se debe agregar en las pailas un agente antiadherente y antiespumante para evitar que la miel se quemé y se caramelize. [3].

Este proceso es el que necesita de mayor consumo energético, es por esto que es primordial el aprovechamiento del calor producido en la combustión, el cual depende de la adecuación, la distribución y de los tipos de paila que se usen. En las hornillas tradicionales este proceso se lleva a cabo en una paila geoméricamente plana y otras dos planas geoméricamente semiesféricas (figura 17) las cuales dan un mayor aprovechamiento del calor.

Figura 17.

Tipos de pailas utilizadas en las hornillas.

Hornilla tipo tradicional		Hornilla tipo Cundinamarca	
Clarificación		Clarificación:	
Número de pailas: 1		Número de pailas: 1	
Tipo de paila: Plana		Tipo de paila: Piro tubular cuadrada	
Evaporación		Evaporación:	
Número de pailas: 3		Número de pailas: 3	
Tipo de paila: semiesférica		Tipo de paila: 2 semicilíndrica (a) 1 semiesférica (b)	
Concentración		Concentración	
Número de pailas: 1		Número de pailas: 1	
Tipo de paila: semiesférica		Tipo de paila: semiesférica	

Nota. Tipos de pailas utilizadas en las hornillas en el departamento de Cundinamarca, según la hornilla tradicional y la hornilla tipo Cundinamarca (moderna/tecnificada). Tomado de: G. A. Rodríguez-Borray et al, "Modelo productivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela en Cundinamarca", *Colección Transformación del Agro*, pp. 113, 2020. [En línea]. Disponible en Miniagricultura:<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35698/ver%20documento%2035698.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

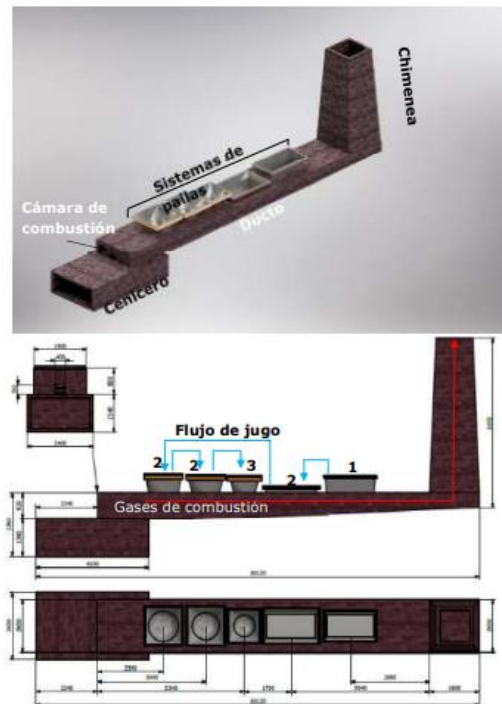
Uno de los factores fundamentales en la calidad del proceso de producción de la panela es la eficiencia térmica de las hornillas; en Cundinamarca existe un mayor porcentaje de hornillas tradicionales respecto a las hornillas tecnificadas.

Las hornillas tradicionales cuentan con una cámara de combustión, un ducto y una chimenea, y su principal función es transformar el factor termoquímico del bagazo;

algunas de las características de las hornillas tradicionales dependen del material en el que son construidas. Por otro lado, es importante tener en cuenta que, para el correcto funcionamiento de la hornilla, el bagazo requiere tener una humedad no mayor a un 30%.

Figura 18.

Hornilla Tradicional



Nota. Diseño de hornilla tradicional y función de pailas:
1. Clarificación; 2. Evaporación 3. Concentración.
Tomado de: G. A. Rodríguez-Borray et al, “Modelo productivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela en Cundinamarca”, *Colección Transformación del Agro*, pp. 102, 2020. [En línea]. Disponible en Miniagricultura:<https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.112324/35698/ver%20documento%2035698.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Como se muestra en la figura 8. El diseño de la hornilla cuenta con un sistema de pailas, de cinco a seis, semiesféricas y rectangulares fabricadas en material de cobre y aluminio, para los procesos de evaporación, concentración y limpieza/clarificación respectivamente.

Una vez terminado el proceso de evaporación y concentración, sigue la etapa de batido y moldeo que debe realizarse lejos de los trapiches para evitar insectos y polvillo, en esta etapa el operario debe batir la miel concentrada en un envase y enfriarla para obtener una nueva textura, llevarla a los moldes donde se solidifica la miel y finalmente se obtiene la panela.

Por último, la panela debe empacarse en materiales plásticos para evitar que el producto absorba o pierda humedad, y se debe embalar en cajas de cartón y pasticos termo encogibles [3].

6.2.4. Estrategias Ambientales aplicadas a la industria panelera

Para aplicar estrategias ambientales a la industria panelera, es necesario tener claridad de los riesgos o impactos ambientales que genera este proceso de producción. Además de identificar la relación de los procesos con el medio ambiente, las restricciones ambientales que se deben desarrollar en el transcurso del proceso productivo y los factores ambientales que se deben tener en cuenta. Lo anterior con el fin de establecer las posibles estrategias que se pueden aplicar. A continuación, se nombrarán los factores que deben ser tenidos en cuenta:

Los factores que se deben analizar en la planta de proceso para el establecimiento de las estrategias ambientales, debido a su alto nivel contaminante, es el motor y las masas del molino; estos se ven afectados a causa del desgaste y la corrosión. Debido a su importancia en el proceso productivo es fundamental conocer el estado en que se

encuentran, teniendo en cuenta los ajustes y mantenimientos necesarios para que su función se cumpla sin ningún tipo de inconveniente.

Como se menciona en otras secciones de esta investigación, un aspecto relevante en los impactos ambientales negativos es la utilización de otros combustibles como la leña y las llantas; El uso de estos combustibles se da por la ineficiencia calórica de los hornos de la mayoría de las plantas paneleras, debido a que son procesos sumamente tradicionales que no cuentan con los avances tecnológicos para evolucionar en ciertos aspectos del proceso. Cabe resaltar que el bagazo es la mejor alternativa de combustible, ya que además de ser un material que se genera en el mismo proceso, su combustión no genera contaminación al medio ambiente.

Finalmente, están los residuos que no cuentan con la disposición que se requiere debido a su alto nivel contaminante. Algunos de estos, son las aguas dulces, aguas grises, la cachaza, la ceniza y el bagacillo, los cuales se generan en el transcurso de todo el proceso de producción y con frecuencia terminan siendo depositados en fuentes de agua limpia, ya que no tienen rutas de disposición claras y adecuadas para cada uno de ellos.
[12]

Con base a los aspectos mencionados anteriormente, se identifica la necesidad de estrategias ambientales que estén directamente relacionadas con una producción más limpia, lo cual conlleva a la determinación de técnicas e instrumentos de diagnóstico que permiten acceder a los datos requeridos a través de los puntos críticos del proceso donde se generan los impactos y riesgos ambientales, además de los criterios y opciones de mejora, para finalmente llegar a las estrategias apropiadas para este proceso de producción. A continuación, en la figura 19, se evidencian algunas de las posibles estrategias ambientales que se pueden adaptar a las plantas de proceso:

Figura 19.

Estrategias de Producción más limpia

Estrategia	Definición
Ajustes y mantenimiento de maquinaria	Esta estrategia busca implementar mantenimientos preventivos y predictivos de la maquinaria que influye directa e indirectamente en el proceso productivo, con el fin de mermar los impactos ambientales negativos causados por estos factores.
Prácticas de manejo adecuadas	Esta estrategia se enfoca en reducir la generación de residuos contaminantes, y en impulsar las oportunidades de mejora del proceso productivo, y el consumo medido, eficiente y óptimo de recursos naturales, como el agua y la energía. Adicionalmente, esta estrategia se enfoca en la creación de prácticas de manejo adecuado de residuos.
Alternativas de insumos	Esta estrategia se fundamenta en buscar alternativas de la materia prima o de los insumos que generan impactos negativos en el ambiente; un ejemplo claro de esto es la reducción del uso de llantas y leña para la combustión en la hornilla. Esto con el fin de reducir los riesgos ambientales creados en el proceso de producción panelera.
Compostaje	Esta estrategia busca reemplazar el uso de fertilizantes químicos por una técnica totalmente ambiental que se basa en una oxidación biológica de residuos orgánicos. Los residuos que se utilizan en este proceso son, principalmente, la cachaza y el bagazo. [13]

Estrategia	Definición
Alimentación animal	Esta estrategia consiste en transformar el residuo de la cachaza en un alimento para animales, llamado melote. Esta transformación se realiza a través de la deshidratación de la cachaza. [14]
Tanque o pozo séptico	Esta estrategia tiene como objetivo realizar un tratamiento de separación, procesamiento y tratamiento biológico de residuos a través de un tanque séptico; donde se descomponen las aguas residuales grises a partir de un proceso natural y bacteriológico. [15]

Nota. Descripción de algunas estrategias ambientales que se pueden adaptar a las plantas paneleras.

Finalmente, y con base en la información anterior, es importante resaltar que el éxito de estas estrategias consiste en su desarrollo continuo y progresivo en cada uno de los procesos en los que son aplicadas. Los resultados más representativos que se esperan alcanzar son la disminución de desperdicios o subproductos, la optimización de recursos, el aumento en la productividad, aumento en la calidad de la panela, y finalmente una adecuada disposición de cada uno de los residuos. Adicionalmente, se espera que el proceso de producción panelera evolucione hacia el desarrollo sostenible, teniendo como pilar fundamental el cuidado del medio ambiente.

6.3. Marco Histórico

Desde el inicio de la revolución industrial a mediados del siglo XVIII, el medio ambiente ha sido afectado por las actividades industriales. La revolución industrial presentó cuatro circunstancias claves en su desarrollo, la separación de la sociedad feudal, progreso del capital comercial, vínculo comercial marítimo y por último el desarrollo de la industria

pesada es decir comienza a existir la extracción y transformación de materia prima. Adicionalmente, otro cambio significativo que se llevó a cabo en la revolución industrial fue la implementación de máquinas pesadas; todos estos cambios significativos en la industria fueron muy positivos en el sector, ya que se evidenciaba una mayor productividad a un menor costo, sin embargo la industria no tenía en cuenta los altos volúmenes de contaminantes, desechos y desperdicios que eran expuestos al medio ambiente generando un mayor grado de contaminación y por consiguiente enfermedades.

Este descuido por parte de la industria tuvo una toma de conciencia hasta mitad del siglo XX gracias a algunos países se empieza a identificar posibles normas y/o políticas ambientales; a partir de allí a mediados de la década de los sesenta, se crearon legislaciones que pretendían concientizar al hombre teniendo en cuenta los impactos ambientales generados por la industria, sin embargo esta legislación no fue tan positiva como se deseaba, puesto que los dueños de las marcas más prestigiosas tomaron esta legislación como un medio para contaminar sin dañar su reputación ya que consideraban que con realizar el pago obligatorio que dictaba la legislación podían operar sin tener en cuenta la contaminación ambiental generada.

Para la década de los setenta los estudios científicos demostraban como la actividad industrial y el consumo sin control del ser humano había afectado la capa de ozono, por ende, se incrementó el cambio climático, también se identificaron otros impactos ambientales como la acidificación en los océanos causada por las emisiones de dióxido de carbono y la eutrofización, un proceso de contaminación en los ecosistemas acuáticos por la presencia excesiva de nutrientes principalmente el nitrógeno y fósforo. A partir de esto algunos países empiezan a manifestarse a favor del medio ambiente, impulsando condiciones y obligaciones para las empresas productoras.

A pesar de todas las acciones mencionadas anteriormente fue hasta los años noventa que se declararon normas verdaderamente efectivas de mano de la sostenibilidad, lo que indicaba que las empresas a pesar de tener cuidado con el medio ambiente podían mantener sus ingresos. [35]

Para esa misma década de los noventa, en Estados Unidos estas normas se formalizaron por la Agencia de Protección Ambiental se denominó “Pollution Prevention” también conocida como P2, esta se declaró en un acta que se aprobó por el Congreso de los Estados Unidos en la que se estableció la importancia de proteger al medio ambiente, resaltando la importancia de disponer correctamente de los desechos pero no siendo esto suficiente las empresas se debían comprometer a prevenir la generación de residuos.

Así mismo, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) recalco la importancia de prevenir cualquier tipo de residuos. Adicionalmente, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sustentable promovió un objetivo acerca de hacer un cambio significativo en la manera de producir y consumir implementando inversiones en programas de producción más limpia. Fue en este momento cuando el concepto de producción más limpia pidió ser incorporado por parte de los países participes en la Iniciativa Latinoamericana para el Desarrollo Sustentable en 2002.

Por su parte, en países donde PNUMA era un programa altamente importante no había suficientes regulaciones contra la contaminación, por ende, se llegó a la conclusión de que cambiar el manejo de prevención de residuos era la única manera de disminuir la contaminación a esto le denominaron “Producción más Limpia” haciéndose este término muy popular en casi todo el mundo, excepto por Estados Unidos que denominaba la prevención como Prevención de la Polución. [36]

Para el 2002 también se llevó a cabo la Declaración de Johannesburgo en la Cumbre Mundial acerca del Desarrollo Sostenible en Sudáfrica donde se enfatizó el compromiso de fortalecer el desarrollo social económico de la mano con la protección ambiental.

En esta declaración, por primera vez se responsabilizan a las empresas privadas de cumplir con las normativas ambientales. Así mismo esto provoca la creación de las normas ISO, más adelante en el año 2005 se introdujo la Responsabilidad Social tanto

para el sector empresarial como para la sociedad pública y privada, finalmente en el año 2010 la Norma de Responsabilidad Social se aprueba oficialmente. [37]

En Colombia la incorporación de Producción más Limpia se dio entre los años 1994 y 1998 cuando en el Plan Nacional de Desarrollo incluyó un capítulo de Producción más Limpia. Las empresas se cuestionaban sobre los costos en que podrían incurrir con la nueva reglamentación, por su parte la autoridad ambiental buscaba los mecanismos de cumplir con las normas de Producción más Limpia sin afectar a las empresas y poder darles la posibilidad de adaptarse a los cambios generados.

A partir del año 1995 se declaró la Política de Producción Más Limpia entre los actores principales del gobierno y el Ministerio de Ambiente, más adelante en el año 1996 se empezaron a firmar convenios entre gremios y sectores industriales, estas tendencias causaron la creación del Centro Nacional de Producción más limpia entre los años 1997 y 2005, para finales de este periodo se declararon las políticas de residuos y de eco-etiquetado, así en el transcurso de los años se empezaron a implementar políticas en Colombia que apoyaban la producción más limpia y claramente el cuidado al medio ambiente tales como la norma de posconsumo para envases de plaguicidas, normas en construcción de baterías y así muchas otras que provocaron el Proceso de Responsabilidad Integral Colombia (RI) y el Consejo Empresarial Colombiano para el Desarrollo Sostenible (CECODES).

El aseguramiento del desarrollo de la Producción más Limpia en Colombia se ha impulsado a través de iniciativas que buscaban una mejoría ambiental y aumentar la competitividad de las empresas, algunas de estas iniciativas fueron: Política Nacional de ML, Centros especializados en asistencia técnica y capacitación en PML, Programas temporales de PML promovidos por autoridades ambientales, Convenios de PML, Políticas Regionales de PML, Programas académicos de educación, Programas de investigación, Líneas de financiación, entre otras.

Actualmente Colombia busca reforzar e impulsar la política de Producción más limpia, concientizando a las empresas de la certificación de normas como la ISO 14001 que busca implementar un Sistema de Gestión Ambiental, responsabilizándolas de los efectos de las acciones productivas propias de cada una. Adicionalmente se busca incrementar los niveles de innovación y que todos los actores de la cadena productiva sean parte del cambio, asegurando la práctica de actividades amigables con el medio ambiente, capacitando al personal y por ultimo las empresas deben contar con criterios de selección de proveedores y distribuidores que tengan en cuenta el crecimiento sostenible entre el ambiente y la economía.

Adicionalmente, el gobierno también tiene planes de acción en busca del fortalecimiento de producción más limpia, integrar las políticas de PML y el programa nacional de Mercados Verdes para que integrados puedan ser una sola política de producción sostenible y así mismo de consumo responsable; incrementar los instrumentos regulatorios para que las empresas pequeñas, grandes y medianas reconozcan las prácticas de PML como un valor agregado a sus productos o servicio. Se considera que estas acciones se lograrán con la instalación de una mesa redonda nacional de Consumo y Producción Sostenible con la que podrán hacer seguimiento a las diferentes iniciativas y analizar el beneficio de cada una de ellas. [38]

En junio del 2021 se realizó la segunda Mesa Redonda Nacional de Consumo y Producción Sostenibles, esta se realizó con la finalidad de identificar los resultados hasta el momento del proyecto “Fortaleciendo Capacidades Técnicas e Institucionales para el Consumo y la Producción Sostenibles”. En este espacio se pudieron dar aportes entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la secretaria de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación; Rodrigo Rodríguez Tornquist afirmó: “Si bien antes de la pandemia por el virus COVID-19 ya existía la necesidad de construir una visión común en torno al consumo y la producción sostenibles, este contexto global ha profundizado la conciencia sobre la insostenibilidad de nuestro estilo de consumo y producción”. Finalmente, concluyeron que las acciones que de debían tomar estaban en

torno a la creación de iniciativas que permitan afrontar futuros escenarios y así mismo reorientar la nueva manera de producir y consumir. [39]

6.4. Marco Normativo

El siguiente marco normativo tiene como objetivo resaltar las normas legales vigentes relacionadas con el proceso de producción de panela, y por lo tanto las que se encuentran en concordancia con el desarrollo de esta investigación y sus factores clave.

Figura 20.

Resolución 779 de 2006.

Norma	Descripción
Resolución 779 de 2006. Ministerio de protección social.	“Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que se deben cumplir en la producción y comercialización de la panela para consumo humano y se dictan otras disposiciones” [40]

Nota. Definición Resolución 779 de 2006 del Ministerio de protección social. Tomado de Ministerio de Salud.

Dado que esta investigación tiene como punto central el proceso de producción de Panela, la resolución 779 de 2006, especialmente el capítulo IV, es fundamental para el desarrollo de este proyecto; debido a que esta establece los requisitos y parámetros legales para la fabricación y comercialización de panela. Dentro de dichos requisitos se encuentran las características con las que debe contar la panela, las condiciones sanitarias de las plantas de proceso, la disposición para los residuos sólidos, el control de plagas y los programas de limpieza y desinfección

Figura 21.

Resolución 2674 de 2013.

Norma	Descripción
Resolución 2674 de 2013. Ministerio de salud y protección social.	“En los artículos 6, numerales 4 y 5, y artículo 7, numerales 1 y 8; en los cuales se establecen los requisitos y condiciones bajo las cuales el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos - INVIMA, como autoridad sanitaria de orden nacional, deberá expedir los registros, permisos o notificaciones sanitarias.” [41]

Nota. Definición de Resolución 2674 de 2013 del Ministerio de salud y protección social. Tomado del INVIMA.

En la resolución número 2674 de 2013, los artículos 6 y 7 tienen relación con esta investigación dado su énfasis en la disposición y tratamiento de residuos generados por la producción de alimentos. El artículo 6, en los numerales 4 y 5 se tratan los temas pertinentes a la recolección, almacenamiento, manejo, tratamiento y disposición de residuos sólidos y líquidos, donde se estipula la necesidad y la obligación de evitar el contacto de dichos residuos con el alimento, el medio ambiente y las superficies que estén en contacto con estos.

Además, en el artículo 7, numeral 1 y 8, se establece la normativa de las condiciones específicas para las áreas de elaboración del alimento. En el numeral 1 se aclaran las condiciones con las que debe contar el drenaje para el traslado, recolección, y disposición de las aguas residuales originadas a través de toda la producción del alimento. En el numeral 8 se instauran las condiciones de la ventilación directa e indirecta del área de proceso, las cuales deben permitir la circulación de aire y filtrar los componentes que se encuentran en el vapor.

Figura 22.

Decreto 1371 de 1999.

Norma	Descripción
Decreto 1371 de 1999. El presidente de la república de Colombia.	“Decreto 1371 de 1999, por el cual se crea la comisión intersectorial para una producción más limpia en el sector agropecuario agroindustrial.” [42]

Nota. Definición Decreto 1371 de 1999. Tomado de Carpeta Ciudadana Digital.

Uno de los pilares más importantes de esta investigación es la producción más limpia, es por esto que se toma como referente el Decreto 1371 de 1999; el cual establece la creación de la comisión intersectorial, sus funciones y políticas ambientales necesarias para la ejecución de procesos de producción sostenibles en el sector agropecuario agroindustrial. En este decreto se evidencian actividades clave de la comisión intersectorial, tales como su apoyo en estrategias ambientales, programas ambientales, proyectos para el desarrollo de producción más limpia y seguimiento de los mismos.

Figura 23.

Política para la gestión integral de residuos.

Norma	Descripción
Política para la gestión integral de residuos. 1997 Ministerio del medio ambiente.	“El alcance de esta política en cuanto al sector privado está determinada por la política de producción limpia, en lo referente a la minimización de residuos, con base en el desarrollo de la cual se priorizarán las acciones ambientales que deben adelantarse sectorialmente.” [43]

Nota. Definición Política para la gestión integral de residuos de 1997. Tomado de Administración y protección de los recursos ambientales CVC.

Debido a que uno de los ejes centrales de esta investigación se enfoca en una producción más limpia de panela, con el fin de disminuir los impactos ambientales negativos causados por los residuos generados a lo largo de dicho proceso, la política para la gestión integral de residuos hace parte de este marco normativo.

Esta política se fundamenta en la protección del medio ambiente a partir del diagnóstico de la situación actual de los residuos generados en el proceso y su disposición final, bases para las políticas de la gestión de los residuos sólidos y residuos peligrosos, los objetivos y metas que se buscan alcanzar con el seguimiento de esta política de gestión, y las estrategias a desarrollar para la disminución de la generación de residuos contaminantes.

Figura 24.

Decreto 2811 de 1974.

Norma	Descripción
Decreto 2811 de 1974. Presidencia de la República.	“En los artículos 8, 9, 34, 36, 179, 180, 182; por los cuales se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.” [44]

Nota. Definición Decreto 2811 de 1974. Tomado de Unidad Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres.

En este decreto, en los artículos especificados, se establecen las condiciones y requisitos para la conservación del medio ambiente, a partir de la identificación de los factores contaminantes, de los parámetros para el uso de recursos naturales, disposición de residuos y el manejo de los suelos. Este proyecto se soporta en este decreto, ya que busca determinar alternativas que minimicen los impactos negativos ambientales y el manejo adecuado de residuos y de recursos naturales, a través de la propuesta de producción más limpia para la producción de panela.

En el artículo 8 se consideran los factores que deterioran, alteran o modifican el ambiente, haciendo énfasis en la contaminación del suelo, el aire y el recurso hídrico. El artículo 9 insta los principios para el uso adecuado de elementos y recursos naturales. Además, en los artículos 34 y 36 se examinan las reglas a tener en cuenta para la identificación y desarrollo de métodos para el manejo, disposición o procesamiento de desechos, basuras y residuos. Finalmente, en los artículos 179, 180 y 182 se estipulan las condiciones adecuadas para el aprovechamiento, conservación, manejo y restauración de los suelos.

Figura 25.

Ley 9 de 1979.

Norma	Descripción
Ley 9 de 1979. El congreso de la República.	“La ley 9 de 1979 establece los parámetros dirigidos a la protección del medio ambiente y la salud humana; teniendo en cuenta los especificados en los artículos 10, 13, 14, 16, 19, 22, 24, 28, 34, 43, 44 y 46” [45]

Nota. Definición Ley 9 de 1979 del Congreso de la Republica. Tomado de Ministerio de Salud.

La ley 9 de 1979 es relevante para este proyecto de investigación, dado su énfasis en emisiones atmosféricas, aguas residuales y residuos sólidos; estos residuos contaminantes hacen parte de la problemática de los procesos de producción de Panela en el departamento de Cundinamarca, tratada a lo largo de este proyecto. Lo referente a la disposición y vertimiento de los residuos líquidos, se establece en los artículos 10, 13, 14, 16 y 19. Los artículos 22, 24, 28 y 34 tienen por objeto la consideración de tratamiento, disposición y manejo de los residuos sólidos. El último factor a tener en cuenta en esta ley, son los relacionados a las emisiones atmosféricas; los límites y normas de estas emisiones se encuentran en los artículos 43, 44 y 46.

Figura 26

Decreto 1449 de 1977.

Norma	Descripción
Decreto 1449 de 1977. El presidente de la República.	“Por el cual se reglamenta parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974. En los artículos 2 y 7. En relación con la conservación, aprovechamiento y protección de las aguas y los suelos.” [46]

Nota. Definición Decreto 1449 de 1977. Tomado de Carpeta Ciudadana Digital.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación, dado su énfasis en la disminución de las actividades contaminantes de la producción de panela, se tiene en cuenta para el marco normativo el decreto 1449 de 1997, específicamente el artículo 2 y el artículo 7.

El artículo 2 hace referencia a la conservación y protección del agua, a través de parámetros que impiden depositar cualquier tipo de desecho en cuerpos de agua, provocar alteraciones en el cauce de los mismos y adicional, impulsan la construcción de pozos sépticos para tratar aguas negras.

Por otro lado, lo referente a la protección y conservación de suelos, se encuentra estipulado en el artículo 7; donde se precisa la protección de suelos, evitando la contaminación y degradación de los suelos.

Figura 27.

Política de producción más limpia.

Norma	Descripción
Política de producción más limpia, 1997 Ministerio del medio ambiente.	“Formulada sobre una perspectiva de largo plazo, como una respuesta a la solución de la problemática ambiental de los sectores productivos, que busca fundamentalmente prevenir la contaminación en su origen, en lugar de tratarla una vez generada, con resultados significativos para la construcción de las posibilidades reales de sostenibilidad y competitividad sectorial.” [47]

Nota. Definición Política de producción más limpia de 1997 del Ministerio del medio ambiente. Tomado de Red de la Justicia Ambiental en Colombia.

Este proyecto de investigación se fundamenta principalmente en la producción más limpia aplicada a la producción de panela, es por esto que en el marco normativo se incluye la política de producción más limpia del ministerio del medio ambiente. Esta política es de gran relevancia ya que explica el contexto de la problemática ambiental generada en los diferentes sectores productivos, además expone la propuesta de política

nacional acerca de la producción más limpia con sus correspondientes estrategias que se manejan a nivel sectorial y sus respectivas responsabilidades.

7. METODOLOGÍA

La ejecución de este proyecto se desarrollará a través de unas actividades claves, agrupadas por las fases de exploración, descripción, análisis y diseño. Adicionalmente, estas actividades están elaboradas a partir de los objetivos específicos propuestos.

7.1. Tipo y método de investigación

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, por lo tanto, se realiza bajo el método inductivo, donde se inicia de lo particular a lo general; adicionalmente se tiene un grado de abstracción pura y un grado de generación fundamental. El medio para recolectar información para este proyecto será la lluvia de ideas de los investigadores a través de la información de fuentes secundarias.

7.2. Fuentes y técnicas de información

La recolección de información de este proyecto se consolida a través de fuentes de información secundarias, como libros, artículos, revistas científicas y tesis; obtenidas en los repositorios de la Fundación Universidad de América y bases de datos verificadas. Lo anterior teniendo en cuenta factores como el grado de entrada y la cantidad de citas de la fuente de información seleccionada.

7.3. Fases

Como se mencionó anteriormente, existen unas fases que permitirán el desarrollo de los objetivos propuestos; estas se expondrán a continuación con sus respectivas actividades.

7.3.1. Fase Exploratoria

En esta fase se realiza una exploración por diferentes fuentes secundarias para recuperar información que permita profundizar en métodos y beneficios de producción más limpia en plantas paneleras, sostenibilidad, planeación estratégica y prácticas para la mitigación de impactos ambientales.

Para esta fase se proponen las siguientes actividades:

- Revisar la información acerca de prácticas de producción más limpia aplicadas a plantas paneleras en Colombia.
- Identificar los impactos negativos generados por la producción de panela.
- Buscar casos de éxito donde se hayan implementado prácticas de producción más limpia en plantas paneleras.
- Explorar acerca de producción más limpia en plantas paneleras, sus beneficios y aportes al ambiente, en los repositorios académicos de la Fundación universidad de América.
- Buscar los impactos generados en la productividad y en el medio ambiente, por la implementación de una producción más limpia en plantas paneleras.
- Realizar una visita a una planta panelera de Cundinamarca e identificar el proceso de fabricación de la panela.

7.3.2. Fase Descriptiva

En esta fase se realiza una descripción de la producción más limpia en plantas paneleras, resaltando sus beneficios a nivel productivo como ambiental; teniendo en cuenta la mitigación de impactos ambientales con base en los estándares de sostenibilidad.

En la fase de diseño se proponen las siguientes actividades:

- Determinar el proceso para implementar una producción más limpia en plantas paneleras, a partir de los casos de éxito identificados.
- Identificar a través de métodos cualitativos las afectaciones en el medio ambiente por la producción de panela en Cundinamarca.

- Describir como la implementación de producción más limpia permite la mitigación de impactos negativos y un aumento en la productividad.
- Reconocer el posible valor agregado a la producción de panela empleando prácticas de producción más limpia.
- Describir el proceso de fabricación de la panela y las actividades que generan impactos negativos en el ambiente a partir de la visita a campo
- Describir la propuesta preliminar de producción más limpia en plantas paneleras de Cundinamarca de acuerdo con los lineamientos de sostenibilidad y a la información adquirida.

7.3.3. Fase de Diseño

Esta fase tendrá como objetivo diseñar estrategias que permitan a la industria panelera del departamento de Cundinamarca modificar su producción tradicional a una producción más limpia, teniendo en cuenta la información recolectada en las fases de exploración y descripción.

- Establecer la planeación estratégica requerida para la implementación de producción más limpia en plantas paneleras.
- Determinar los lineamientos clave dados por la estrategia ambiental continua de producción más limpia.
- Diseñar la propuesta de producción más limpia en plantas paneleras de Cundinamarca, teniendo en cuenta los factores observados en la visita a campo y el proceso de investigación, algunos de ellos son infraestructura, estrategias de disposición de desechos y cultura socioambiental.

7.3.4. Fase de Análisis

Finalmente, en esta fase se realizará un análisis respecto a la viabilidad de la producción más limpia en plantas paneleras, resaltando su contribución en la disminución de los impactos negativos generados en el medio ambiente y el aprovechamiento en la productividad.

- Analizar las estrategias ambientales de producción más limpia desde su viabilidad hasta su posible implementación, de acuerdo a las practicas observadas en la visita a campo.
- Comparar los impactos ambientales generados en la producción tradicional de panela y los causados por la implementación de la producción más limpia.
- Estimar los beneficios en el medio ambiente y en la productividad, identificados en los casos de estudio de producción más limpia en plantas paneleras.
- Relacionar la disminución de impactos negativos en el medio ambiente causados por la producción de panela, y la producción más limpia por medio de técnicas cualitativas.

8. CARACTERIZACIÓN DE METODOS DE PML EN PLANTAS PANELERAS

El primer objetivo se fundamenta en la caracterización de prácticas de producción más limpia en plantas paneleras de Colombia, para tener una perspectiva amplia de la implementación de dichas prácticas en esta industria y a su vez, identificar los beneficios que estas pueden llegar a tener en el departamento de Cundinamarca, a través de fuentes secundarias y visitas de campo en plantas paneleras de Cundinamarca.

8.1. Prácticas de producción más limpia aplicadas en plantas paneleras en Colombia

A partir de la búsqueda de información, en aproximadamente 15 artículos y entrevista a experta de la industria panelera acerca de prácticas de producción más limpia aplicadas en plantas paneleras,

Figura 28.

Matriz de alternativas de producción más limpia.

Actividades generadoras de impactos negativos en el ambiente	Alternativa	Beneficios
Implementación de químicos para el control de la maleza	Uso de herbicidas naturales	Reducción en los niveles de contaminación en el suelo
Implementación de fertilizantes químicos	Uso de fertilizantes orgánicos (Compostaje)	Reducción en los niveles de contaminación en el suelo
Agotamiento del recurso hídrico	Aplicar técnicas de manejo adecuado para la utilización de agua en los procesos	Reducción del consumo de agua
Quema de leña y llantas	Implementación del bagazo como material de combustión	Eficiencia térmica y disminución de emisiones al ambiente
	Modificación de hornilla	
Maquinaria en mal estado	Ajustes y mantenimiento de maquinaria	Disminuir los impactos negativos causados por la maquinaria

Actividades generadoras de impactos negativos en el ambiente	Alternativa	Beneficios
Inadecuada disposición de residuos	Prácticas adecuadas del manejo de recursos naturales	Consumo medido, eficiente y óptimo de recursos naturales
Contaminación a través de residuos de cachaza	transformar el residuo de la cachaza en un alimento para animales	Disminución en costos de la alimentación de animales y reducción de contaminación
Contaminación por el derrame de aguas residuales	Implementación de aguas dulces residuales en procesos de riego para los cultivos	Reutilización de aguas dulces residuales

Nota. Matriz de alternativas de producción más limpia, según la actividad contaminante del proceso de producción.

Partiendo de que en Cundinamarca hay 35.096 hectáreas de caña sembrada, y por hectárea se debe aplicar 5 litros de herbicida, se obtiene un aproximado de 175.480 litros de producto utilizado. Para ampliar la información respecto a los efectos del uso de herbicidas químicos, se detallará a continuación los datos acerca de los mismos:

Roundup, es un herbicida utilizado para disminuir la maleza de los cultivos, dado que en sus componentes se encuentra el glifosato, este puede generar consecuencias en las personas tales como la irritación ocular y en la piel, problemas respiratorios y reacciones alérgicas. Adicionalmente, tiene como consecuencia afectación en los organismos acuáticos.

Por otro lado, se encuentran los herbicidas, triazinas y ureas sustituidas, los cuales tienen como consecuencia la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

En cuanto a la información obtenida de los herbicidas fenoxi y benzoico se tiene que, puede afectar a la persona que lo aplica a través de la inhalación o el contacto, afectando sus ojos y piel.

Por último, los herbicidas formulados y surfactantes se están sustituyendo por solventes orgánicos, por su alto impacto en el ambiente y en la persona que lo manipula. [48]

Con el fin de ampliar también información respecto a los fertilizantes y sus efectos, se identifica en el texto “Análisis socioecológico de la producción de panela en el corregimiento de San Salvador” donde se realizó un estudio en 10 trapiches, dando como resultado que “todos los productores fertilizan sus cultivos con una predominancia del uso de agroquímicos en un 70%, seguido del uso combinado de fertilizantes químicos y orgánicos y en menor medida el uso exclusivo de fertilizantes orgánicos (10%)” [49]

Teniendo en cuenta, el uso de fertilizantes en la industria panelera, se incentiva la alternativa propuesta del uso de fertilizantes orgánicos, ya que los fertilizantes químicos generan lixiviación en aguas subterráneas y superficiales, adicionalmente, en el suelo generan variación del pH, deterioro del suelo y de la microfauna.

Haciendo énfasis en la alternativa del uso adecuado y medido del agua, se profundiza más respecto al consumo actual de este recurso en la industria panelera de Cundinamarca. Según datos de la CAR (Corporaciones Autónomas Regionales), en Cundinamarca hay un consumo de 6000 litros de agua por molienda [50] si se tiene en cuenta que hay aproximadamente 3.800 plantas paneleras, donde se realizan de 2 a 3 moliendas al mes por trapiche, el consumo asciende a 68.400.000 litros por mes. Teniendo como base estos datos, es de alta importancia concientizar a esta industria del uso adecuado del recurso hídricas y la implementación de técnicas tales como la reutilización de aguas dulces para el riego de los cultivos donde se generaría una actividad de economía circular, establecer límites de consumo de agua por proceso, implementar reductores de caudal, entre otras.

Considerando los impactos reflejados en la matriz anterior se planteó una matriz de Leopold, ya que esta permite consolidar los procesos con sus respectivos impactos ambientales generados, dando una valoración cuantitativa a partir de un juicio de valor de quien la construye, con el fin de enfocarse en aquellos procesos que impactan en mayor medida al ambiente y así dar paso a las prácticas de producción más limpia.

8.1.1. Matriz de Leopold y diagrama de Pareto a partir de los impactos negativos generados por la producción de panela

Con base a la investigación previa de los impactos negativos generados por la producción de panela, conocimientos propios y la consulta a una experta en la industria panelera del departamento de Cundinamarca, se construyó la siguiente matriz de Leopold, analizando los factores magnitud e importancia de los procesos productivos de la panela respecto a los impactos generados.

Figura 29.

Matriz de Leopold del proceso de producción de panela

	Olores fuertes	Ruidos generados por el motor	Emissiones de humo	Deforestación	Deslizamiento de tierra	Contaminación atmosférica	Contaminación del suelo	Contaminación del agua	Concentración de plagas	Afectación de la flora	Disminución de las especies nativas vegetales	Perturbación del microclima	Difusión de focos de contaminación	Impacto negativo en el ciclo biogeoquímico	Agotamiento del recurso hídrico	Contaminación por residuos sólidos	Promedio Negativos		
Abrirte																			
Molienda	-1 1	-6 1	-6 1				-3 2				-1 1						5	-22	
Combustión en la horilla				-6 1	-6 5	-3 4	-6 5										4	-79	
Prelimpieza de jugo								-2 5	-3 4	-2 2			-2 2				4	-50	
Limpieza de jugo								-2 5	-5 4	-2 2			-2 2				5	-40	
Evaporación y concentración													-2 4				1	-8	
Batido y moldeo								-6 5	-6 5	-2 2			-3 2		-5 6		5	-239	
Empaque																	-2 4	1	-8
Limpieza de equipos e instalaciones								-3 5	-8 5	-3 2			-5 5		-6 6		5	-22	
	-1	-8	-12	-30	-12	-36	-63	-8	-18	0	-10	-8	-39	0	-6	-8		-408	

Nota. Matriz de Leopold de impactos generados por los procesos de producción de panela en Cundinamarca, donde se identifica que la limpieza de equipos e instalaciones, el batido y moldeo y la combustión en la horilla son los procesos que afectan en mayor medida al medio ambiente.

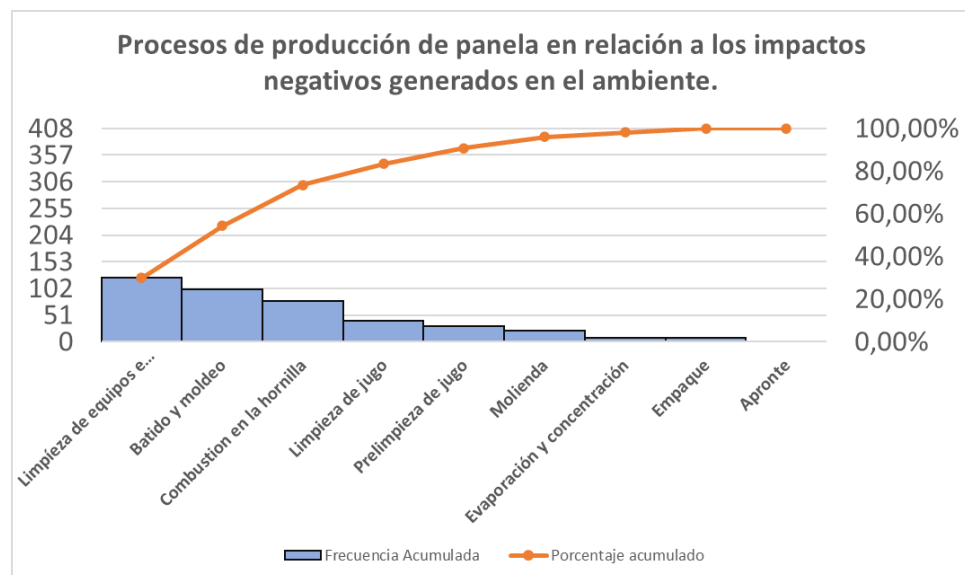
En función de los resultados de la matriz, consolidada a partir de los conocimientos mencionados anteriormente, se logró rectificar que los procesos que generan mayor

impacto en el ambiente son: la limpieza de equipos e instalaciones, batido y moldeo y combustión en la hornilla, dando cumplimiento a la primera etapa de la implementación de producción más limpia, denominada análisis de las etapas del proceso, la cual tiene por objetivo identificar los procesos que generan mayor impacto negativo en el ambiente, para así aplicar prácticas de producción más limpia que mitiguen estas afectaciones.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos anteriormente en la matriz de Leopold, se realizó el siguiente diagrama de Pareto:

Figura 30.

Diagrama de Pareto proceso de producción panela



Nota. Diagrama de Pareto de los procesos de producción de panela con relación a los impactos negativos que generan en el ambiente.

Con base a los resultados obtenidos en este diagrama de Pareto, se identifica que un 80% de los impactos negativos causados en el ambiente son generados por los procesos de limpieza de equipos e instalaciones, batido y moldeo, y combustión en la hornilla, lo cual indica que dentro de estas etapas están las actividades con más relevancia en las consecuencias ambientales negativas, este resultado arroja concordancia con la información tratada y analizada a lo largo de este trabajo investigativo.

Dado lo anterior, se amplía la información a través de la búsqueda de casos de éxito de la implementación de prácticas de producción más limpia en plantas paneleras de Colombia, identificando la experiencia de la empresa en la adopción de estas prácticas.

8.1.2. Casos de éxito de la implementación de producción más limpia en plantas paneleras

En esta etapa de la investigación se utilizaron diferentes métodos para la obtención de información como investigación en fuentes secundarias y entrevistas telefónicas a aquellas empresas que cuentan con el certificado orgánico, el cual es otorgado a aquellas empresas que cumplen con los requerimientos de las normas ecológicas y/o ambientales, implementación de procesos con bajo impacto ambiental, conservación de los ecosistemas, disminución de la generación de residuos y resguardar la salud tanto del productor como del consumidor.[51].

La muestra de este trabajo investigativo se seleccionó a partir de la importancia que simbolizan estos casos a nivel Cundinamarca, el fácil acceso a la información y sus representantes. Sin embargo, para aquellas investigaciones de tipo experimental se recomienda tomar una muestra de aproximadamente 349 plantas paneleras partiendo de que la población para este departamento es de 3800 trapiches.

En los mapas a continuación se encuentran los municipios donde se ubican las plantas paneleras seleccionadas y los ríos de abastecimiento de estas.

Figura 31.

Mapa de Cundinamarca, con la ubicación de las plantas paneleras tomadas como casos de éxito.



Nota. Mapa de los municipios de Cundinamarca con la ubicación de los casos de éxito investigados. Tomado de: Scribd. Municipios del departamento de Cundinamarca. <https://es.scribd.com/doc/60634670/Municipios-departamento-de-Cundinamarca>

Figura 32.

Mapa de la hidrografía de Cundinamarca



Base: Mapa digital Integrado. IGAC, 2002. Fuente: Sociedad Geográfica de Colombia. Atlas de Colombia, IGAC, 2002.
Fuente Barimetría: Prof. José Agustín Blanco Barros

Nota. Mapa hidrográfico de Cundinamarca. Tomado de: CAR Cundinamarca. Cuencas y Subcuencas a escala 1:25.000 en la Jurisdicción CAR. <https://datosgeograficos.car.gov.co/maps/cuencas-y-subcuencas-a-escala-125-000-en-la-jurisdicci%C3%B3n-car/about>

Se lograron identificar seis casos de éxito de PML en plantas paneleras de Cundinamarca; a continuación, se amplía la información del caso San Isidro y los casos restantes se expone en la sección de anexos.

En el caso de éxito de San Isidro la información se extrajo del artículo “Oportunidades de producción más limpia en la industria panelera”. En el caso de éxito de la Asociación de productores de panela de Nocaima se obtuvo la información expuesta en este documento a partir de la lectura y análisis del trabajo de grado para optar como magister en gestión de organizaciones” La asociatividad como alternativa para la penetración de mercados internacionales: caso de estudio asociación de paneleros asopropanoc.” Para los demás casos de éxito identificados se obtuvo la información de beneficios, experiencia y desafíos a través de una entrevista telefónica con un delegado de cada empresa.

San Isidro

San Isidro es una empresa que se dedicada a la producción de panela desde el año 1997. Actualmente está ubicada en Sasaima, Cundinamarca y tiene como misión producir y comercializar panela ecológica a nivel nacional e internacional, asegurando el compromiso y preservación del medio ambiente. [52]

En el año 2002 se empiezan a ver los resultados obtenidos de la modificación de la hornilla, que tuvo una inversión de 9500 millones de pesos como se presenta en la tabla 1, esta tenía como principal objetivo disminuir las emisiones y la deforestación generada por el uso de combustibles diferentes al bagazo, como la leña y las llantas.

Tabla 1.*Inversión en modificaciones de la hornilla.*

INVERSIÓN HORNILLA			
Detalle	APORTES, \$1000		
	CINSET-CAR	EAT	CORPOICA
Paila pirotubular inox 1,12mx2,44m, 6tubos	3944		
Ladrillos, Mangueras, cemento, etc	156		
Adecuación área molino-porqueriza	400		
Desarrollo tecnológico CORPOICA	2800		1200
Mano de obra adecuación horno	0	450	
Mano de obra adecuación foso compostaje	0	250	
Materiales locales: guadua, arena, tierra, etc	0	300	
Total	7300	1000	1200
Total, aportes	9500		

Nota. Tabla de inversión de modificaciones en la hornilla. Tomado de: Corpoica. “Oportunidades de producción más limpia en la agroindustria panelera”. [En línea].

<https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/36901/02835.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso: marzo 28, 2022].

Según Hugo Reinel y Johana Bohorquez autores de “Oportunidades de producción más limpia en la agroindustria panelera” el consumo anual de leña en San Isidro era de 0,42 kg de leña por kg de panela. [53].

Los resultados de esta implementación de producción más limpia se evidencian en el anexo 1.

En la figura 31 se evidencia un aumento del 250% en la producción anual de caña en toneladas, y un crecimiento del 247% en producción de panela anual en toneladas del año 1 al año 2. Adicionalmente, en la figura 32 se demuestra que la eficiencia del horno tuvo un incremento del 54% del año 1 al año 2 y un 35% del año 2 al año 3.

Por otro lado, en la figura 33 se identifica la disminución del monóxido de carbono en kg/tonelada de panela, el cual se redujo en un 65% del año 1 al año 2 y un 31% del año 2

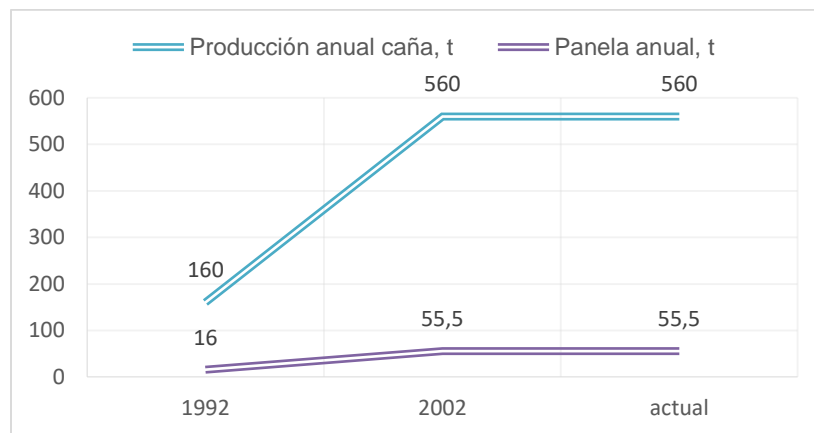
al año 3. Así mismo, la figura 34 presenta el descenso de energía arrojada al ambiente en kw/ tonelada de panela en un 26% del año 1 al año 2 y un 14% del año 2 al año 3.

Por lo anterior se entiende que esta implementación de PML trajo beneficios a la planta panelera de San Isidro. Dejando precedentes de que la inversión realizada fue recuperada, se logró alcanzar el compromiso con el medio ambiente y presento mejoras en el proceso de combustión de la hornilla, como se mencionó anteriormente.

A continuación, se presentan las gráficas que evidencian los resultados obtenidos

Figura 33.

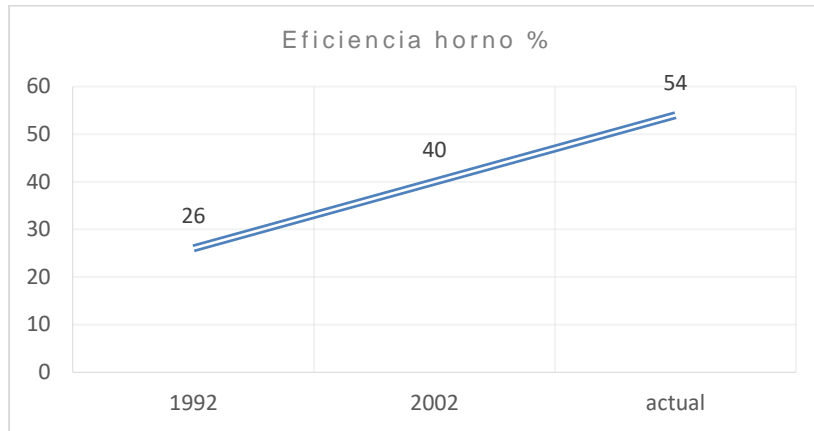
Grafica de líneas de producción de caña y de panela



Nota. Grafica de aumento en 3 años de la producción anual de caña y de panela.

Figura 34.

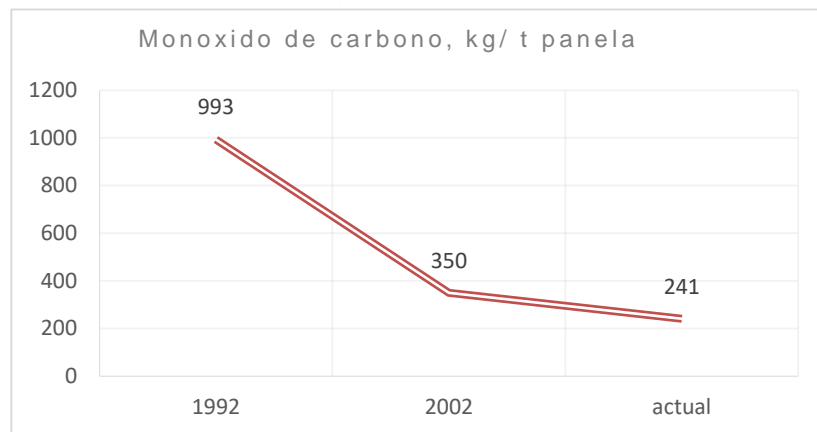
Grafica de líneas de la eficiencia del horno



Nota. Grafica de aumento en 3 años de eficiencia del horno.

Figura 35.

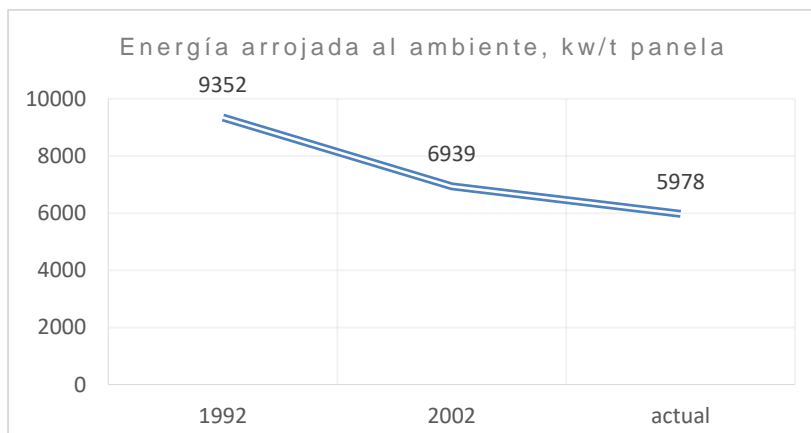
Grafica de líneas de la generación de monóxido de carbono



Nota. Grafica de disminución en 3 años de monóxido de carbono.

Figura 36.

Grafica de líneas de la energía arrojada al ambiente



Nota. Grafica de disminución en 3 años de energía arrojada al ambiente.

A partir de las entrevistas e investigaciones realizadas, se presenta una matriz de resultados la cual consta de la empresa o asociación, las acciones que realizaron, los impactos que generaron y los desafíos que enfrentan a lo largo de este proceso.

Figura 37.

Matriz de casos de éxito

Empresa Asociación	Acciones	Impactos	Desafíos
San Isidro	Modificaciónes en la hornilla	Aumento del 250% de producción de caña	Inversión en la modificación de la hornilla. (tabla 21)
		Incremento del 247% en producción de panela.	
		Crecimiento de la eficiencia del horno en un 54% (Año 2) y un 35% (Año 3)	
		Disminución del monóxido de carbono en kg/Tn de	

Empresa Asociación	Acciones	Impactos	Desafíos
		panela en un 65% (año 2) y 31% (año 3)	
		Descenso de energía arrojada al ambiente en kw/Tn de panela en un 26% (año 2) y un 14% (año 3).	
ASOPRANO C	Siembra de 7000 arboles	Reforestación local	Competencia con la producción ilegal de panela
	Tratamiento de aguas residuales	Disminución de la contaminación ambiental causada en aguas residuales	
	Diseño de fincas auto-sostenibles	Reutilización de residuos.	
	Buenas prácticas de manufactura	Aumento en la calidad del producto, disminución de contaminación y peligros físicos y químicos.	
Hacienda el Escobal	Agricultura Circular con el establecimiento de barreras ecológicas	Preservación de polinizadores como abejas	<ul style="list-style-type: none"> • Precios cambiantes en el mercado • El reconocimiento de las prácticas de producción más limpia en Colombia
		Eficiencia en la hornilla con el uso exclusivo de bagazo.	

Empresa Asociación	Acciones	Impactos	Desafíos
	Construcción adecuada de la hornilla	Disminución de la tala de arboles Aumento en la productividad de los empleados ya que se disminuyeron tiempos y movimientos en la recolección y transporte de leña.	
	Sistemas de riego	Disminución del consumo de agua en un 30%.	
Asociación agropecuaria montaña negra	Tratamiento para el residuo de la cachaza	Disminución del impacto ambiental generado por este residuo Uso de la cachaza como alimento para animales	Indiferencia del gobierno y Condensa respecto a la colaboración solicitada para implementación de un molino eléctrico.
	Uso de bagazo como combustible en la hornilla	Disminución de contaminación y tala de arboles	
Coopesperanza	Implementación de guácimo en la clarificación de jugos,	Disminución en la contaminación generada por químicos.	Inconveniente con la modificación de la hornilla, empeorando la eficiencia térmica.

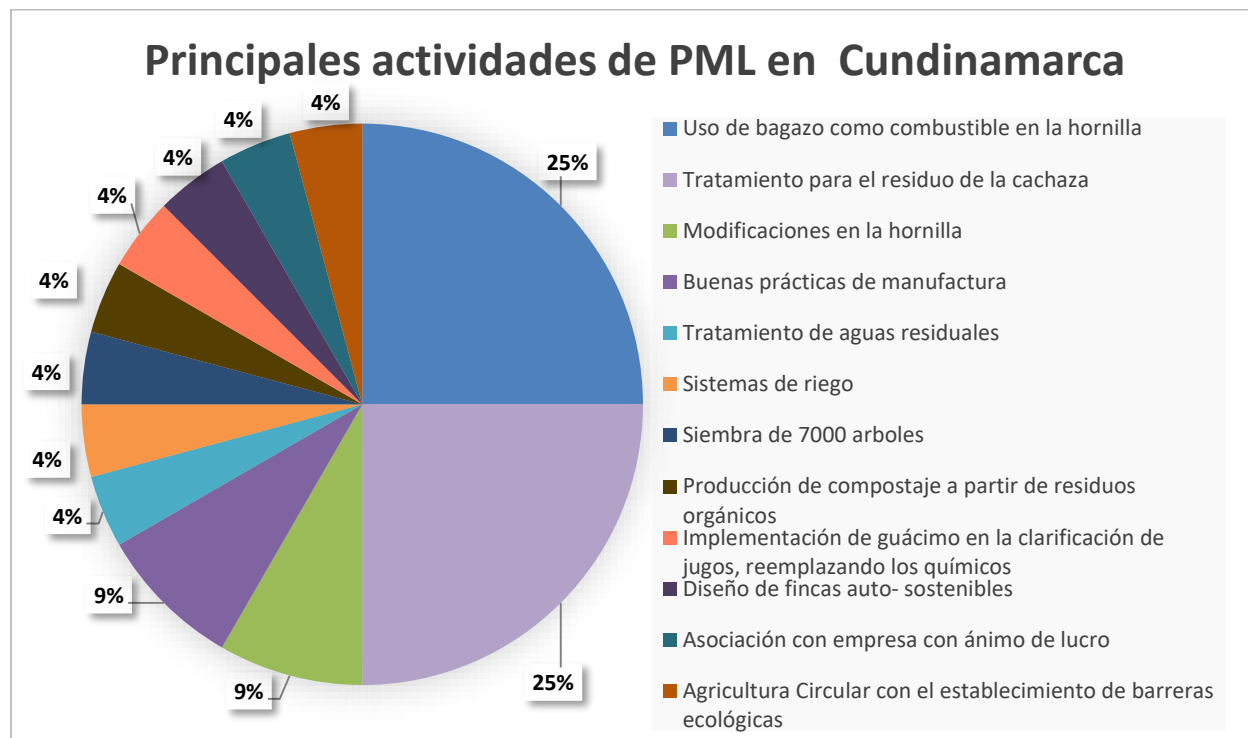
Empresa Asociación	Acciones	Impactos	Desafíos
	reemplazando los químicos		
	Producción de compostaje a partir de residuos orgánicos	Generación de abono orgánico para siembras, reemplazando abonos químicos	
Asopromieles	Cumplimiento de requerimientos sanitarios	Manejo integrado de plagas y roedores, residuos, controles de calidad y uso adecuado de recursos naturales.	Falta de apoyo por parte del gobierno para implementar estrategias de producción más limpia.
	Asociación con empresa con ánimo de lucro	Renovación del certificado orgánico	

Nota. Matriz con las empresas o asociaciones entrevistadas como casos de éxito de la implementación de prácticas de producción más limpia y sus respectivos beneficios y desafíos.

Con base a la matriz expuesta anteriormente se construyó la siguiente grafica de torta, donde se representan las principales actividades de PML en los casos de éxito estudiados.

Figura 38.

Distribución de las principales actividades de PML en Cundinamarca



Nota. Gráfico circular que permite ponderar las principales actividades de PML implementadas en Cundinamarca, según las entrevistas realizadas.

En conclusión, se determina que las actividades de PML más frecuentes en las plantas paneleras estudiadas son: el uso de bagazo como combustible en la hornilla y el tratamiento para el residuo de la cachaza.

A continuación, se evidencian los beneficios de realizar modificaciones en la hornilla, la cual es una actividad de PML que representa el 9% de implementación en Cundinamarca como lo representa la figura anterior.

Cabe resaltar que los beneficios que se expondrán posteriormente fueron tomados de la Propuesta de una alternativa de mejoramiento tecnológico para el sistema de combustión de un trapiche rural comunitario en la inspección de Mámbita (Cundinamarca), de Diego Alejandro Pinto Moreno y Andrés Enrique Pulido Londoño. [54]

Tabla 2.*Aumento de la eficiencia*

Componente	%Aumento de eficiencia
Cámara de Combustión aumento de la capacidad 3m3.	18%
Aumento Número de pailas (3+1)	5%
Adaptación Chimenea.	2%
Reducción de entrada de aire falso, modificación de entrada (bagazo y cenicero).	5%
TOTAL.	30%

Nota. Aumento de la eficiencia en cada componente del proceso con las modificaciones en la hornilla. Tomado de Pinto Moreno.D. A y Pulido Londoño.A.E. (2020). Propuesta de una alternativa de mejoramiento tecnológico para el sistema de combustión de un trapiche rural comunitario en la inspección de Mámbita (Cundinamarca). (Tesis de Especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio Universidad Distrital.

[https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25507/PulidoLondo%
c3%b1oAndresEnrique2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25507/PulidoLondo%c3%b1oAndresEnrique2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Tabla 3.*Costo de operación sin modificaciones en la hornilla*

#	Item	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Carga de leña (10 arrobas)	5	150.000	750.000
2	Bagazo	10	10.000	100.000
3	Jornal operario día	3	29.260	87.780
4	Mula día	1	50.000	50.000
TOTAL				987.780

Nota. Costo unitario y total por la carga de leña, bagazo, jornal operario al día y mula al día sin modificaciones en la hornilla. Tomado de Pinto Moreno.D. A y Pulido Londoño.A.E. (2020). Propuesta de una alternativa de mejoramiento tecnológico para el sistema de combustión de un trapiche rural comunitario en la inspección de Mámbita (Cundinamarca). (Tesis de Especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio Universidad Distrital.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25507/PulidoLondo%c3%b1oAndresEnrique2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Tabla 4.*Costo de operación con modificaciones en la hornilla*

#	Item	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
1	Carga de leña (10 arrobas)	3,5	\$ 150.000	\$ 525.000
2	Bagazo	10	\$ 10.000	\$ 100.000
3	Jornal operario día	3	\$ 29.260	\$ 87.780
4	Mula día	1	\$ 50.000	\$ 50.000
TOTAL				\$ 762.780

Nota. Costo unitario y total por la carga de leña, bagazo, jornal operario al día y mula al día con modificaciones en la hornilla. Tomado de: Pinto Moreno.D. A y Pulido Londoño.A.E. (2020). Propuesta de una alternativa de mejoramiento tecnológico para el sistema de combustión de un trapiche rural comunitario en la inspección de Mámbita (Cundinamarca). (Tesis de Especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio Universidad Distrital.

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25507/PulidoLondo%c3%b1oAndresEnrique2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Tabla 5.

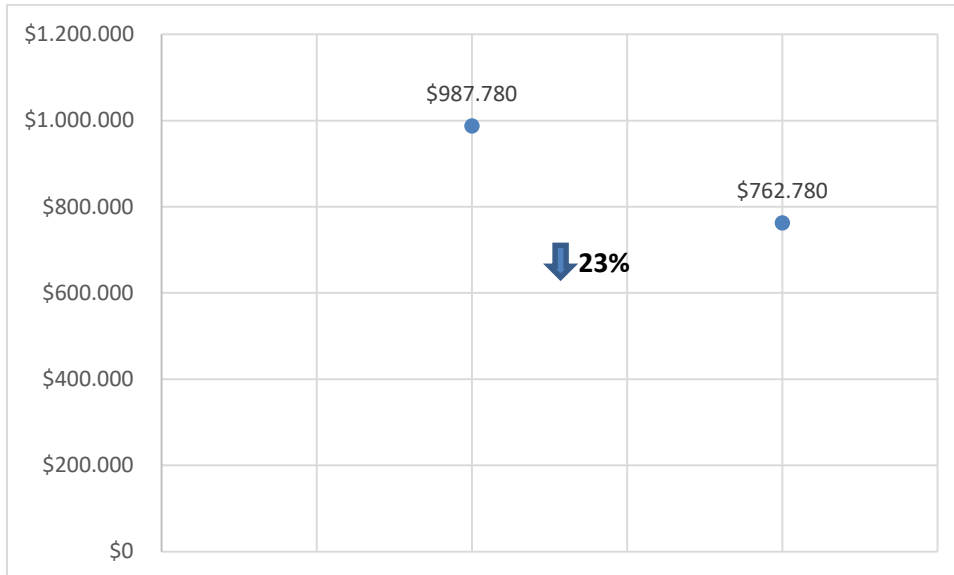
Indicadores financieros de un proyecto con modificaciones en la hornilla

Indicador	Con modificaciones
TIR	91,12%
TIO	12%
VPN	\$29.444.086
VPB	\$27.370.493
VPC	\$3.886.007
RBC	7,04
Retorno (Años)	1,10

Nota. Indicadores financieros de la propuesta de una alternativa de mejoramiento tecnológico para el sistema de combustión de un trapiche rural comunitario en la inspección de mámbita (cundinamarca). Tomado de: Pinto Moreno.D. A y Pulido Londoño.A.E. (2020). Propuesta de una alternativa de mejoramiento tecnológico para el sistema de combustión de un trapiche rural comunitario en la inspección de Mámbita (Cundinamarca). (Tesis de Especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio Universidad Distrital. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25507/PulidoLondo%c3%b1oAndresEnrique2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Figura 39.

Disminución de costos de operación con modificaciones en la hornilla



Nota. Disminución de costos de operación con las modificaciones en la hornilla panelera.

Cabe resaltar la importancia de estandarizar y socializar estas actividades de PML para que todas las plantas paneleras apliquen en su proceso de producción aquellas actividades que aún desconocen, a partir de la guía que otras asociaciones o empresas puedan proporcionarles.

Con relación a la salida de campo en plantas paneleras de Cundinamarca, se identifica el proceso de producción de la panela a través de diferentes medios y herramientas.








8.1.3. Proceso de producción de panela en Cundinamarca

A continuación, se presenta el proceso a través de fotografías, donde se contrastan las instalaciones tecnificadas que implementan prácticas de producción más limpia con las que no las aplican. Adicional a esto se señalan los tiempos estimados por etapa productiva y se complementa con un diagrama de flujo de proceso.

Figura 40.

Proceso de la producción de panela en fotos con PML y sin PML

Proceso	Imagen con PML	Imagen sin PML
Apronte		
Molienda		
Hornilla		
Prelimpieza, limpieza y evaporación		

Batido		
Moldeo		
Empaque		
Limpieza de equipos e instalaciones		

Nota. Tabla comparativa de imágenes de proceso de producción de panela con y sin prácticas de producción más limpia en Cundinamarca.

Tabla 6.

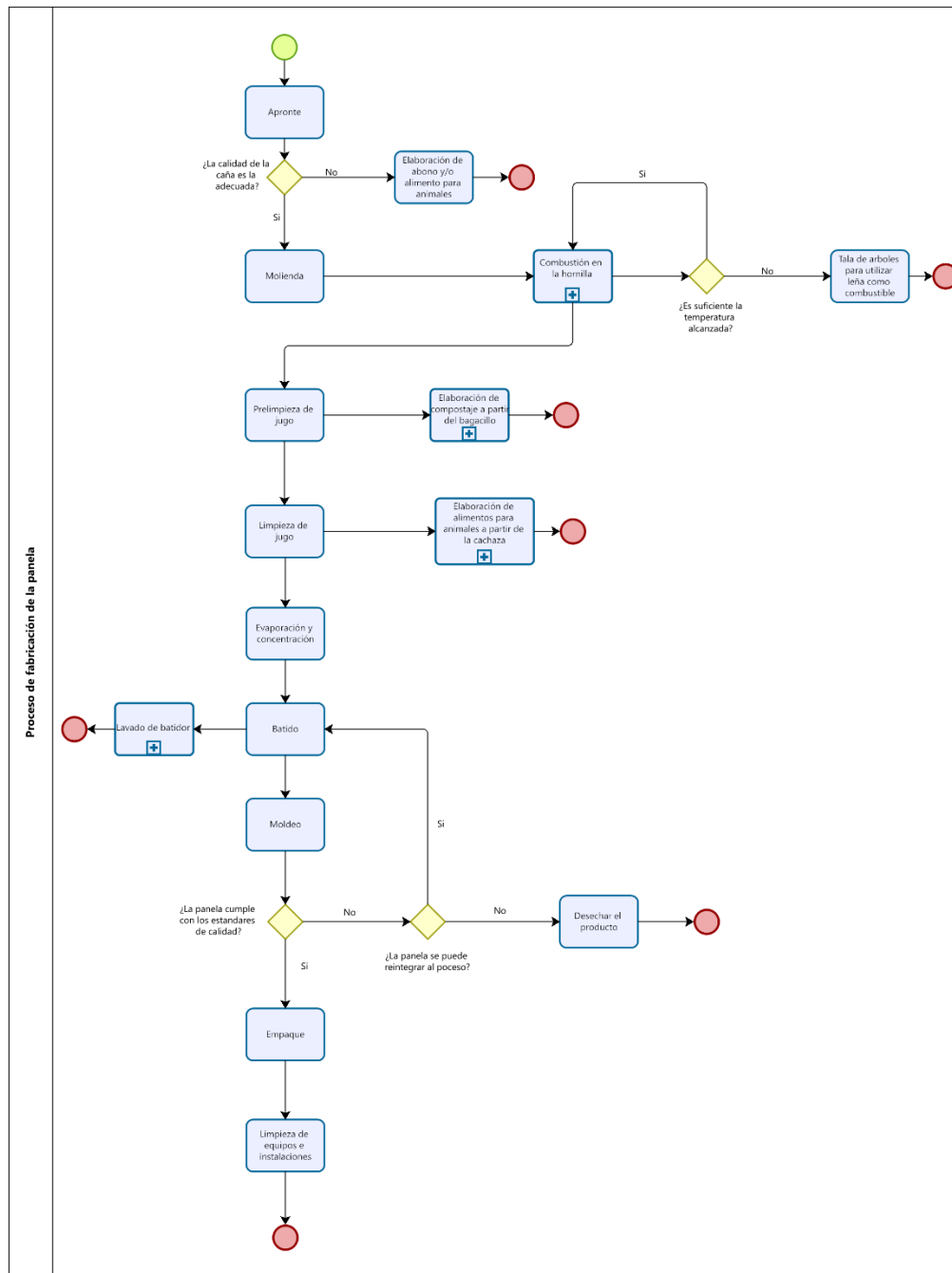
Tiempos estimados por proceso para un día de producción de panela (16 horas)

Proceso	Tiempo estimado (minutos)	Porcentaje
Apronte	960	15%
Molienda	960	15%
Combustión en la hornilla	900	14%
Prelimpieza del jugo	900	14%
Limpieza del jugo/Clarificación	900	14%
Evaporación y concentración	900	14%
Batido	240	4%
Moldeo	45	1%
Empaque	240	4%
Limpieza de equipos e instalaciones	540	8%
Tiempo total	7065 = 117.75 horas	100%

Nota. Tiempos estimados por proceso, teniendo en cuenta que algunas de las etapas se hacen en paralelo y en promedio se producen entre 15 y 16 cargas de panela (1 carga es equivalente a 100 kg) , se construyó a partir de la consulta a experta.[55]

Figura 41.

Diagrama de flujo de proceso de la producción de panela en Cundinamarca



Powered by Modeler

Nota. Flujo del proceso de la elaboración de la panela en Cundinamarca.

A partir de la búsqueda en fuentes de información, entrevistas y consulta a expertos, se culmina el primer objetivo con la identificación de prácticas de producción más limpia en Cundinamarca, sus impactos, actividades frecuentes y desafíos generados. Adicionalmente, se soporta lo anterior a través de fotografías de plantas paneleras de Cundinamarca, que permiten identificar las diferencias estructurales con y sin producción más limpia.

8.1.4. Conclusiones del primer objetivo

A partir de la identificación de los casos de éxito de producción más limpia en plantas paneleras de Cundinamarca, se logró consolidar los beneficios generados por la implementación de estas prácticas, los principales desafíos que enfrentan los productores de panela y las estrategias de PML que se aplican en Cundinamarca.

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los seis casos de éxito que se detalló en esta investigación fue el de la empresa productora de panela, San Isidro. La cual modificó la hornilla panelera para aumentar la eficiencia térmica de esta y así eliminar el uso de leña como combustible, disminuir las emisiones de gases al ambiente y aumentar la productividad de la planta. Cabe resaltar que la combustión en la hornilla representa el 14% entre todas las etapas del proceso, por lo que modificar la hornilla es una gran estrategia que representa un beneficio considerable para la industria panelera.

Adicionalmente, en otros casos de éxito se evidencian estrategias de PML como el tratamiento del residuo de la cachaza que transforma este residuo en alimento para animales, el tratamiento de aguas residuales, las buenas prácticas de manufactura que permiten obtener un producto de alta calidad, entre otras.

Con lo anterior se da paso al desarrollo del segundo objetivo, el cual tiene como propósito el diseño de las estrategias y buenas prácticas de producción más limpia en plantas paneleras de Cundinamarca.

9. DISEÑO DE ESTRATEGIAS Y BUENAS PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

A partir de lo expuesto en capítulos anteriores se da paso al desarrollo del segundo objetivo de la investigación, el cual tiene como propósito diseñar las estrategias y buenas prácticas de producción más limpia que sean aplicables en las plantas paneleras de Cundinamarca, este objetivo se llevará a cabo a partir del método análisis de brechas que permitirá evaluar la situación actual y la situación deseada.

9.1. Modificaciones en la hornilla

El bagazo es el residuo resultante de la extracción del jugo de la caña de azúcar, en la industria panelera es habitual que este sea implementado como combustible para la hornilla en el proceso de producción de la panela.

A continuación, se presenta el análisis de brechas de esta estrategia, que permitirá identificar la situación actual, la situación deseada, la brecha que hay entre las dos situaciones y por último la solución planteada.

Figura 42.

Análisis de brechas para la estrategia de modificaciones en la hornilla

	Estado actual (FROM)	Estado futuro deseado (TO)	GAPS/BRECHAS	Solución
Cámara de combustión	Distancia corta entre la cámara de combustión y la primera paila, lo que genera una combustión incompleta y pérdida de gases	Generar temperaturas suficientes para el correcto funcionamiento del sistema de evaporación	Capacidad económica para la implementación de los cambios, además del área disponible para realizar cambios en la planta	Ampliar el largo de la hornilla, con el fin de que los gases generen una combustión adecuada
Entrada de alimentación	Se presenta una entrada de aire en la puerta de la hornilla cuando se esta alimentando con bagazo u otros combustibles	Evitar las entradas de aire que impidan el correcto calentamiento de los gases	Adaptación de los empleados a la nueva practica de alimentación de la hornilla	Adecuar la entrada de aire con una puerta, que permanezca cerrada una vez se alimente la hornilla con el combustible
Ductos de aire	Escapes de gases, que no permiten alcanzar la temperatura esperada en las pailas	Aprovechamiento optimo de los gases generados por la combustión.	Capacidad económica para las modificaciones estructurales de la hornilla	Ajustar el diseño de la hornilla, para aumentar el contacto de los gases con las pailas
Cenicero	Algunas plantas carecen de un espacio adecuado para el cenicero, además de que el mantenimiento de este se hace con agua	Disponer de un cenicero que permita tener una adecuada entrada de aire para la combustión, eliminando la contaminación hidrica al no realizar el proceso de limpieza con este recurso.	Capacidad económica y disponer del área necesaria	Adecuar un lugar seco, alejado de la humedad para el cenicero y establecer parámetros para el mantenimiento de este
Parrilla	Las vigas de hierro de la parrilla tienden a modificar su estructura física debido al nivel de temperatura generado. Adicionalmente, se pierde bagazo sin quemar, dado a la distancia entre las vigas.	Vigas de la parrilla resistentes y con una distancia adecuada entre ellas.	Capacidad económica para las modificaciones de la parrilla	Implementar una parrilla con menor espacio entre las vigas de hierro y mayor resistencia para evitar las modificaciones físicas de las mismas

Nota. Análisis de brechas de la estrategia, modificaciones en la hornilla, donde se recopilaron 5 ítems relevantes para llevar a cabo la mejora en la estructura de la hornilla.

9.2. Tratamiento para el residuo de la cachaza

Figura 43.

Análisis de brechas para la estrategia de tratamiento para el residuo de la cachaza

	Estado actual (FROM)	Estado futuro deseado (TO)	GAPS/BRECHAS	Solución
Cachaza	Disposición de la cachaza en suelo y fuentes hidricas	Aprovechamiento adecuado de la cachaza, evitando la contaminación hidrica y del suelo	Desconocimiento de la elaboración de abono y/o melote, además de la disposición de los operarios para hacerlo	Elaboración de abono y/o alimentación animal (melote), a partir de la cachaza generada en la prelimpieza.

Nota. Análisis de brechas para el tratamiento de la cachaza donde se encontró una brecha respecto al desconocimiento para la elaboración de alimento y/o abono a partir de la cachaza.

9.3. Tratamiento de aguas residuales

Figura 44.

Análisis de brechas para la estrategia de tratamiento de aguas residuales

	Estado actual (FROM)	Estado futuro deseado (TO)	GAPS/BRECHAS	Solución
Implementación de los sistemas de tratamiento	Derrame de aguas residuales al suelo y a recursos hídricos	Tratamiento de aguas residuales, eficiente y de fácil operación	Capacidad económica para la implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales.	Implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, que consta de: un tanque recolector, un tanque con trampa de flotantes, dos tanques digestores y un canal de aireación.

Nota. Análisis de brechas para el tratamiento de aguas residuales, donde la única brecha es la capacidad para adaptar la planta al sistema de tratamiento.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el consumo de agua por mes de los trapiches paneleros en Cundinamarca puede llegar a 68.400.0000 litros por mes. Por lo tanto se plantea la estrategia de tratamiento de aguas residuales, partiendo que las plantas en estudio se abastecen de las cuencas del Rio Negro para los casos de San Isidro, Asopranoc, Asociación Agropecuaria Montaña Negra, y Coopesperanza; para el caso de Asopromieles, ubicada en el municipio Quipile, esta se abastece de la cuenca del Rio Magdalena, llegando a estas mismas cuencas los vertimientos generados en el proceso productivo de la panela.

Detallando sobre estos cuerpos hídricos se encontró, que a la cuenca del Rio Negro llegan vertimientos residuales de las cabeceras municipales aledañas como: Villeta, San Francisco, La Vega, Nocaima, Sasaima, Pacho, La Palma, Guaduas, Supatá y Vergara. La demanda de esta cuenta para el consumo agropecuario es de 0,033 m³ / seg o 1,05 Mm³ / año. [50]

Por otro lado, la cuenca del Rio Magdalena presenta “áreas críticas en tramos de cuerpos de agua por el desagüe de los vertimientos residuales de cada una de las cabeceras municipales y corregimientos; en estos tramos con contaminación orgánica y residuos provenientes de las actividades agrícolas y pecuarias”. La demanda de esta cuenca para el consumo agropecuario es de 0,002 m³ / seg o 0,06 Mm³ / año. [50]

Cabe resaltar que los vertimientos realizados por estas plantas paneleras se hacen sobre la superficie de los cuerpos hídricos.

En el texto elaborado por Kevin Amador y Harold Rangel, Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual industrial en el proceso de elaboración de la panela en la empresa Doña Panela LTDA, se obtiene un aproximado del caudal de vertimiento del proceso productivo, siendo este de 6,1 m³ / día para 150 toneladas de panela mensual. [56].

A continuación, se presenta una tabla con las principales características de las aguas residuales de la producción de panela:

Tabla 7

Características de las aguas residuales de la producción de panela

Tipo de trapiche	DBO (mg/l)	DQO (mg/l)	SST	pH	Temperatura (°C)
Semindustrial	48.075	63.779	1.507	5,03	33,5
Artesanal	33.730	37.007	1.072	5,04	33,3
Limite admisible (resolución 631 de 2015)	500	900	200	6-9	40

Nota. Tabla con las principales características de las aguas residuales de la producción de panela, donde DBO es la demanda bioquímica de oxígeno y DBQ hace referencia a la demanda química de oxígeno. Tomado de. H. A. Cárdenas-Bocanegra, “Riesgos ambientales y sociales en la producción de panela”, Asobancaria, pp. 12-18, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.asobancaria.com/documentos/biblioteca-de-innovacion-financiera/Riesgos%20Ambientales%20y%20Socuales%20Sector%20Panela.pdf>.

A partir de la información expuesta anteriormente, se reitera la importancia del tratamiento de aguas residuales, planteando estrategias tales como: coagulación/floculación, la electrocoagulación, un sistema de tratamiento a partir de tanques recolectores y alianzas estratégicas con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARS) , actualmente hay 43 PTARS en Cundinamarca, de las cuales “34 están en operación, tres no están funcionando, cinco se encuentran en construcción y una está en proyección” [57].

Abordando una de las estrategias propuestas, la coagulación/floculación tiene como objetivo eliminar la turbidez tanto inorgánica como orgánica, olores y sabores, implementando la coagulación- floculación que consiste en agregar químicos a las aguas residuales eliminando así las partículas residuales.

Por otro lado, las plantas que no desean involucrarse directamente con el proceso de tratamiento, pueden apoyarse en programas que incentivan este tipo de estrategias, así como lo hace el Programa Saneamiento de Vertimientos (SAVER), que como lo indica su nombre busca tratar aguas residuales, apoyando el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 que propone “alcanzar en 2022 el 54.2% de las aguas residuales urbanas tratadas y en 2030 llegar al 68.6% “[58] .

9.4. BPM

Figura 45.

Análisis de brechas para la estrategia de buenas prácticas de manufactura

	Estado actual (FROM)	Estado futuro deseado (TO)	GAPS/BRECHAS	Solución
Áreas de trabajo independientes	Las diferentes áreas de producción no están segmentadas dentro de la planta, lo que puede producir baja calidad en el producto final	Cada etapa del proceso tendrá su área, para así obtener un producto con condiciones higiénicas y de alta calidad.	Capacidad económica para la adaptación de la planta panelera	Segmentar las áreas de trabajo según la etapa productiva
Consideraciones de las personas que intervienen en el proceso	Poca higiene de los operarios, además de no tener la indumentaria adecuada	Proceso, hábitos y vestimenta higiénica de inicio a fin de la producción de la panela	Disposición de los operarios para adoptar esta buena práctica de manufactura	Los operarios deberán lavar sus manos, cubrir heridas, no usar prendas inadecuadas, cosméticos, bisutería, uso de botas con suela antideslizante, entre otros.
Gestión de riesgos	No hay una identificación de riesgos que permita mitigar incidentes y/o accidentes	Identificación de riesgos, para su respectivo análisis, evaluación y respectiva estrategia de tratamiento	Disposición de los empleados de la planta panelera para implementar esta acción.	Se tendrá un inventario de riesgos y estrategias que permitan mitigar de manera oportuna posibles incidentes y/o accidentes que afecten al operario o al producto final

Nota. Análisis de brechas para implementar buenas prácticas de manufacturas, donde se identifican 3 ítems relevantes para mejorar la buena práctica de manufactura en la industria panelera de Cundinamarca.

9.5. Conclusiones del segundo objetivo

En conclusión y tras el análisis de brechas realizado para cuatro de las estrategias de producción más limpia identificadas en Cundinamarca, se puede deducir que la brecha que comparten la mayoría de estrategias, es la capacidad económica para adaptar la planta panelera a las modificaciones requeridas, adicionalmente, se determinó que la disposición de los operarios y demás empleados de la planta para adoptar las prácticas de producción más limpia es otra de las brechas para llegar a tener una producción más limpia.

Por otro lado, se puede concluir que los beneficios que aporta cada una de las estrategias de producción más limpia son de gran impacto positivo en la producción de panela; si bien, las modificaciones en la hornilla se pueden considerar una de las estrategias más beneficiosas en cuanto a disminución de emisiones contaminantes y aumento de

producción; las otras tres estrategias también aportan a la transformación sostenible de producción panelera.

Cabe resaltar que las estrategias anteriormente expuestas pueden ser desarrolladas individualmente, ninguna depende de la otra, lo que permite que el productor de panela pueda implementarlas al ritmo que mejor considere teniendo en cuenta su rentabilidad, disposición de la planta y empleados y demás factores que puedan influir.

10. BENEFICIOS DE UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LAS PLANTAS PANELERAS DE CUNDINAMARCA

El tercer y último objetivo de la investigación tiene como propósito estimar los posibles beneficios de una producción más limpia en las plantas paneleras de Cundinamarca, a partir del enfoque ambiental y de productividad, empleando técnicas cualitativas.

Por lo anterior, se decide construir la siguiente tabla donde se estiman los beneficios ambientales, productivo, el costo y el periodo de implementación, de las estrategias seleccionadas de producción más limpia.

Teniendo en cuenta la experiencia de plantas paneleras que han implementado las estrategias de PML, se categorizaron las siguientes escalas tanto para costo como para periodo de implementación.

Es importante aclarar que los términos para clasificar el costo de implementación son: alto (99.999.999 y 120.000.000) medio (10.000.000 y 99.999.999) y bajo (500.000 y 9.999.999), y el periodo de implementación se cataloga en: largo, mediano y corto plazo, donde cada uno representa un rango entre uno a dos años, seis meses a un año, y uno a seis meses respectivamente.

Figura 46.

Tabla de beneficio ambiental y productivo, costo y periodo de implementación de las estrategias de PML.

Estrategia PML	Beneficio ambiental	Beneficio producción	Costo implementación	Periodo de implementación
Modificaciones en la hornilla	Reducción de impactos negativos en el ambiente, como se evidencio en el	Aumento en la producción de panela, expuesto en el caso de éxito	Medio o alto dependiendo de las características de	Mediano Plazo

Estrategia PML	Beneficio ambiental	Beneficio producción	Costo implementación	Periodo de implementación
	caso de éxito San Isidro, donde se identificó una disminución en promedio del 48% de monóxido de carbono por tonelada de panela.	de San Isidro con un crecimiento del 247% de producción de panela al año de implementar las modificaciones.	las modificaciones	
Tratamiento para el residuo de la cachaza	Reducción de la contaminación en el suelo.	No se evidencia un impacto en la producción, pero si en el ahorro de la compra de alimento para animales.	Bajo	Corto Plazo
Tratamiento de aguas residuales	Reducción considerable de la contaminación hídrica por cuenta de la producción de panela, cabe resaltar que la contaminación hídrica se genera en el 44% de la	No se identifica un impacto en la producción.	Medio	Mediano Plazo

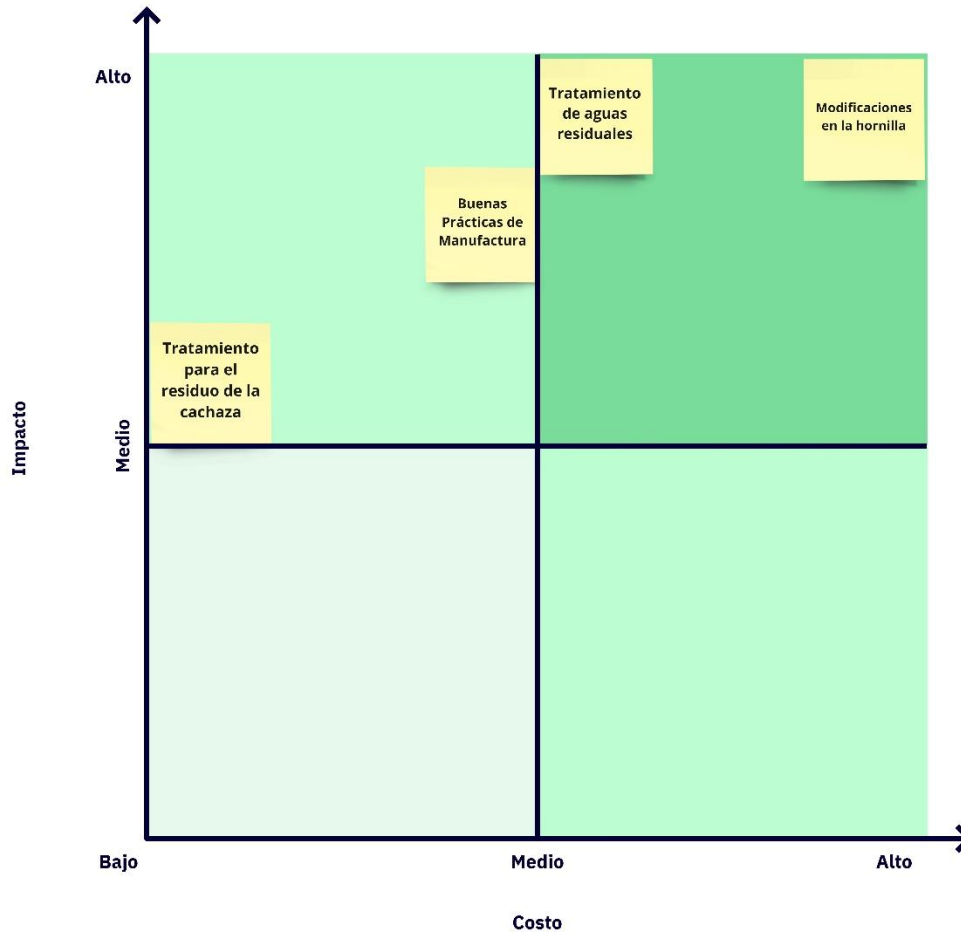
Estrategia PML	Beneficio ambiental	Beneficio producción	Costo implementación	Periodo de implementación
	producción, en las etapas de molienda, prelimpieza del jugo, limpieza del jugo y limpieza de equipos e instalaciones.			
Buenas Prácticas de Manufactura	Esta estrategia permite disminuir la contaminación ya sea del suelo, hídrica o del aire a través de las actividades que propone.	Permite obtener un producto con mayor calidad.	Medio	Mediano Plazo

Nota. Tabla consolidada de las cuatro principales estrategias de PML aplicadas en Cundinamarca con sus respectivos beneficios, costo y duración de implementación.

Complementando lo anterior, se construye una matriz impacto versus costo, con el fin de priorizar las cuatro estrategias de producción más limpia. Adicionalmente, los cuatro cuadrantes de la matriz se categorizan en: Proyectos grandes, Descartar, Menor Ganancia y Quick Wins, respectivamente en sentido horario; cabe destacar que la empresa debe focalizarse en los cuadrantes superiores ya que son los que realmente generan mayor impacto.

Figura 47.

Matriz Costo versus impacto



Nota. Matriz impacto versus costo de las 4 estrategias de PML planteadas.

10.1. Conclusiones del tercer objetivo

A partir del análisis de las anteriores figuras, se concluye que las estrategias de PML que generan mayor impacto y a menor costo son el tratamiento para el residuo de la cachaza y las buenas prácticas de manufactura; a pesar de los beneficios que aportan las estrategias restantes (Tratamiento de aguas residuales y Modificaciones en la hornilla), para su desarrollo se requiere de altos costos de implementación.

11. CONCLUSIONES

Actualmente en las plantas paneleras de Cundinamarca no se presenta una estandarización en prácticas de producción más limpia, lo cual impide mitigar los impactos negativos en el ambiente. El fin de este trabajo es plantear una posible solución a la problemática expuesta anteriormente, ofreciendo una propuesta de prácticas de producción más limpia en este sector.

Dando continuidad a lo anterior, se expone la propuesta desarrollada a lo largo de la investigación realizada en el presente trabajo, la cual consiste en la implementación de cuatro estrategias principales aplicadas en la industria panelera, a las que se les realizó un análisis de brechas, una estimación de beneficios esperados tanto ambientales como productivos, los costos y plazos de implementación, y finalmente una priorización en una matriz costo-impacto.

En la primera etapa de la construcción de la propuesta, se llevó a cabo la identificación de impactos negativos generados por cada uno de los procesos productivos, teniendo como soporte la matriz de Leopold; seguido de esto se consolidaron las estrategias de PML, a partir de visitas a campo, entrevistas telefónicas e investigación en fuentes secundarias. Lo anterior, permitió caracterizar los métodos de producción más limpia en plantas paneleras de Colombia, específicamente en el departamento Cundinamarca.

Dando paso a la segunda etapa de la construcción de la propuesta, se determinan las estrategias de PML más convenientes para el sector panelero de Cundinamarca: Modificaciones en la hornilla, tratamiento para el residuo de la cachaza, tratamiento de aguas residuales y buenas prácticas de manufactura.

En la etapa final, se estimaron los beneficios desde el enfoque ambiental y de productividad, se elaboró una tabla con los campos de beneficios ambientales y productivos, el costo y el plazo de implementación; lo cual dio lugar a la realización de una matriz de impacto versus costo, obteniendo como prioridad de implementación (por

su bajo costo y alto impacto) las buenas prácticas de manufactura y el tratamiento de residuo para la cachaza. Es importante resaltar, que las dos estrategias restantes, tratamiento de aguas residuales y modificaciones en la hornilla, podrían generar un mayor impacto, dado alto costo de implementación es alto, se desarrolla según el presupuesto de la planta.

En conclusión, se presenta la propuesta de producción más limpia en plantas paneleras de Cundinamarca, que favorece las posibilidades de tener un impacto positivo considerable en el ambiente y en la producción de la panela. El planteamiento de esta propuesta tiene en cuenta las estrategias de PML, las principales brechas existentes y las condiciones generales de las plantas para tener una producción más limpia.

BIBLIOGRAFIA

- [1] H. A. Cárdenas-Bocanegra, “Riesgos ambientales y sociales en la producción de panela”, *Asobancaria*, pp. 12-18, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.asobancaria.com/documentos/biblioteca-de-innovacion-financiera/Riesgos%20Ambientales%20y%20Sociales%20Sector%20Panela.pdf>
- [2] H. Fajardo Fonseca, “La producción más limpia como estrategia ambiental en el marco del desarrollo sostenible”, *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de la Información*, vol. 4, no. 8, p. 48, junio, 2017. Doi: <http://dx.doi.org/10.21017/rimci.2017.v4.n8.a32>.
- [3] B.E. Rocha Gil, A. Echeverri Rubio, “Alternativas de producción más limpia en calidad del aire para el sector alfarero, Sogamoso (Boyacá)”, *Revista producción + Limpia*, vol. 15, no. 2, p. 49, septiembre, 2020. Doi: <https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a3>.
- [4] G. A. Rodríguez-Borray et al, “Modelo productivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) para la producción de panela en Cundinamarca”, *Colección Transformación del Agro*, 2020. [En línea]. Disponible: <https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/35698/ver%20documento%2035698.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- [5] M. M. Ordoñez-Díaz y L. V. Rueda-Quiñónez, “Evaluación de los impactos socioambientales asociados a la producción de panela en Santander (Colombia)”, *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, vol. 18, no 2, pp. 387-389, mayo, 2017.[En línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v18n2/0122-8706-ccta-18-02-00379.pdf>
- [6] K. J. Bermúdez – Jaenz, D. A. Collado., *Impacto Ambiental de la Producción de Panela*, tesis lic. . Facultad de Economía, Universidad Nacional autónoma de

Nicaragua, Managua, Managua, Nicaragua, 2019. Disponible:
<https://repJositorio.unan.edu.ni/10649/1/11527.pdf>

[7]. F. U. d. America, Perfil Ingeniero Industrial, Fundación Universidad de America.30 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.uamerica.edu.co/programas-academicos/pregrado/ingenieria-industrial/>.

[8] B.V. Hoof, N.Monroy y A.Saer. (2018). Producción más limpia: Paradigma de gestión ambiental. [En línea]. Disponible: https://books.google.com.co/books?id=Hd30DwAAQBAJ&dq=Produccion+mas+limpia&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s

[9] M. Restrepo Gallejo., “Producción más Limpia en la Industria Alimentaria”, *Rev.Producción + Limpia*, vol.1, no.1, pp.88, jun, 2006. [En línea]. Disponible: http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/217/1/PL_V1_N1_87_PL_INDUSTRIA_ALIMENTARIA.pdf

[10] P. Paredes Concepción, “Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado”, *Industria Data*, vol. 17, no. 2, pp 73, dic, 2014. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640856009.pdf>

[11] D.Gomez (2003). “Evaluación de impacto ambiental.” Ediciones Mundi-prensa, vol.1, no.2, pp.169, 2006. [En línea]. Disponible: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=f2yWYo2IWooC&oi=fnd&pg=PA15&dq=impacto+ambiental&ots=gAVOi8Mfzm&sig=X1FmJNFT29usidTZy0lOT0yAeMc>

[12] V.Conesa (2011). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ediciones Mundi-prensa, vol.1, no.4, pp.73, 2011. [En línea]. Disponible: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wa4SAQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=impacto+ambiental&ots=r-2b7Hre9p&sig=nVtzjvA_09Yn8DxBPBBqYKCyT4Y

- [13] A.Garmendia, A.Salvador, C.Crespo y L.Garmendia (2005). Evaluación del impacto ambiental. Person Education, S.A., pp.17, 2005. [En línea]. Disponible: <https://www.auditorlider.com/wp-content/uploads/2019/07/Evaluacion-impacto-ambiental-Garmendia-PDF-1.pdf>
- [14] G. Gerefii, “Las cadenas productivas como marco analítico para la globalización”, *Problemas del desarrollo*, vol.32, no. 125, pp 14, jun, 2001. [En línea]. Disponible: <https://www.probdes.iiec.unam.mx/index.php/pde/article/view/7389/6884>
- [15] D. Van der Heyden, P. Camacho, C. Marlin y M. Salazar Gonzalez, (2004). Guía metodológica para el análisis de cadenas productivas. [En línea]. Disponible: <http://www.asocam.org/sites/default/files/publicaciones/files/3e26d8f0d5f6c6c7e9fd80aa5eb1dba.pdf>
- [16] D. Tomta y C. Chiatchoua , “Cadenas productivas y productividad de las Mipymes”, *Criterio Libre*, vol. 7, no. 7, pp 149, dic, 2009. [En línea]. Disponible: <file:///C:/Users/mcardero/Downloads/DialnetCadenasProductivasYProductividadDeLasMipymes-3227605.pdf>
- [17] L. Serrano Gomez y N.R. Ortiz Pimiento, “Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño” *Estudios Gerenciales*, vol. 28, no. 125, pp 14, feb, 2011. [En línea]. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/eg/v28n125/v28n125a03.pdf>
- [18] T.J. Fontalvo Herrera, R. Quejada y J.G. Puello Payares, “La gestión del conocimiento y los procesos de mejoramiento” *Dimensionamiento Empresarial*, vol. 9, no. 1, pp 84, jun, 2011. [En línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3797779>
- [19] G. Perez Ortega y A.M. Soto Camargo,” Propuesta metodológica para el mejoramiento de procesos utilizando el enfoque Harrington y la Norma ISO 9004”,

Universidad Eafit, vol. 41, no. 139, pp. 47, ago, 2005. [En línea]. Disponible: <https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/17160/document%20-%202020-08-15T141114.921.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- [20] A.Sánchez, Gándara (2011). Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable. Asociación para el desarrollo integral de la región de Misantla. S y G editores, pp.252, 2011. [En línea]. Disponible: <https://books.google.com.co/books?id=L8v8CRDFm-oC&pg=PA252&dq=conceptos+de+riesgo+ambiental&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjNyJXkyubzAhX1sDEKHXRMDGsQuwV6BAgDEAY#v=onepage&q&f=false>
- [21] Instituto Nacional de Ecología (2003). Introducción al análisis de riesgos ambientales. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. pp. 13 y 63, 2003. [En línea]. Disponible: <https://books.google.com.co/books?id=VUBMf16k4HYC&pg=PA12&dq=conceptos+de+riesgo+ambiental&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjFsaWFzubzAhWkSDABHQLFBSQ6AF6BAgDEAI#v=onepage&q&f=false>
- [22] M.Cohen (2017). Riesgo ambiental: La aportación de Ulrich Beck. *Acta Sociológica*, Vol. 73, 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0186602817300531>
- [23] I.Fernández (2012). El Concepto de Desarrollo Sostenible. [En línea]. Disponible: <https://wastemagazine.es/desarrollosostenible-2.htm>
- [24] R.Gómez (2014). Del desarrollo sostenible según Brundtland a la sostenibilidad como biomimesis. pp.16, 1987 [En línea]. Disponible: <https://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0686956.pdf>
- [25] G.Gallopín (2010). El desarrollo sostenible desde una prespectiva sistémica. pp.23, 2010 [En línea]. Disponible:

<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/9517/EI%20desarrollo%20sostenible.pdf>

[26] A.Turrent, R.Moreno (1998). Producción sostenible de alimentos de origen vegetal en el mundo. Terra Latinoamericana, vol. 16, núm. 2, abril-junio, 1998, pp. 94. [En línea]. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/573/57316201.pdf>

[27] PNUMA (2010). Aclarando conceptos sobre el consumo y la producción Sostenible. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. pp. 20. [En línea]. Disponible: https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/10yfp-abc_of_scp-es.pdf

[28] ONU y YFP (2017) El consumo y la producción sostenibles: un enfoque operacional sobre la sostenibilidad. pp. 1. [En línea]. Disponible: <https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/briefings.pdf>

[29] J. Prokopenko. (1989). La Gestión de la Productividad Manual práctico. (Primera edición). [En línea]. Disponible: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38639804/Libro-Productividad-Prokopenko-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1635296331&Signature=QnZCskbzxYUjvmL4hTcel7i9B8BbtKb6~cbbtMO-MUz8iuPr88b1eV0EJ6-hGByHp0NYrtpG5DU2U3Es0DX9d-eU-8FLSYkAU8s1YptWvCJlBlkF~q8pB0uvij~sTbnnHsQ64gfAlgUU8fvkWKlqC2iln7NDIORWVyBlaBBkf7XIR3EmvBZJNRmssiJ2CFK59Xn6NxU~jRZIJyowjwTzo7HxSR7EDlatZ0jeyi3yBCVBqPDFifeCAN~PFLbky1HLi5YTjAQB0QhrATcmGC4gSvTJkefmtWMk21kkKGg5kyZplicodb3kGLNWxp~h4e-kVXe5KYx6PH~a8y40lfXhjoA_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

[30] H. Gutierrez Pulido. (2010). Calidad Total y Productividad. (Tercera edición). [En línea]. Disponible: <http://up->

rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1392/calidad%20total%20y%20productividad.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- [31] R. Carro y D.A. González Gómez, “Productividad y competitividad”, *Universidad Nacional del Mar de Plata*, pp. 1, 2012. [En línea]. Disponible: http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- [32] I. Varela Rojas, “Definición de producción más limpia”, *Tecnología en Marcha*, vol. 16, no. 2, pp. 3-11, 2003. [En línea]. Disponible: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1481/1371
- [33] I. C. Suarez Guevara, “Estrategias para la producción más limpia en el sector de cacao y caña panelera en el Valle del Cauca”, *Universidad Autónoma de Occidente*, 2019. [En línea]. Disponible: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11611/T08904.pdf;jsessionid=F7062515C516F4377BEC6847456D0D7C?sequence=5>
- [34] C.A. Jaramillo Echeverri, “Evaluación ambiental y económica de la implementación de estrategias de producción más limpia en la industria Descafecol del municipio de Manizales (estudio de caso)”, *Universidad de Manizales*, 2013. [En línea]. Disponible: <http://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/964/CARLOS%20ALBERTO%20JARAMILLO%20E.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [35] Equipo técnico del CPTS, “Empresa y medio ambiente: producción más limpia, productividad y ambientes sanos”, *Revista Virtual Redesma*, 2007. [En línea]. Disponible: https://cebem.org/revistaredesma/vol1/pdf/redesma0101_art05.pdf
- [36] L. A. Escaño Manzano, E. Federico, M. Rivero, L. Baretta y C. Marchand. Producción más Limpia concepto y antecedentes. Producción más Limpia. (pp.11). Gob Ciudad

de

Buenos

Aires.

<https://agromedioambiente.files.wordpress.com/2016/11/produccion-limpia.pdf>

- [37] Curso de Producción más Limpia como herramienta para el Manejo Integrado de Cuencas, Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP + L) y Fondo Mundial para la Naturaleza, 2019. [En línea]. Disponible: https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/curso_produccion_mas_limpia2.pdf
- [38] B. Van Hoof y C.M. Herrera, “La evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia”, *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 2007. [En línea]. Disponible: <https://ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/view/301/369>
- [39] BCR news. (16, junio, 2021). Se realizó la segunda Mesa Redonda Nacional de Consumo y Producción Sostenibles. <https://bcrnews.com.ar/politica/se-realizo-la-segunda-mesa-redonda-nacional-de-consumo-y-produccion-sostenibles/>
- [40] Ministerio de la protección social (2006). Resolución número 000779 de 2006. [En línea]. Disponible: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion-779-de-2006.pdf>
- [41] Ministerio de salud y protección social (2013). Resolución número 00002674 de 2013. [En línea]. Disponible: <https://www.invima.gov.co/documents/20143/441790/2674.pdf/8b63e134-a442-bae3-4abf-9f3270451c67>
- [42] Presidente de la República de Colombia (1999). Decreto 1371 de 1999. [En línea]. Disponible: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=66633>

- [43] Ministerio del medio ambiente (1997). Política para la gestión integral de residuos. [En línea]. Disponible: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Sistema_Gestion_de_Calidad/Procesos%20y%20procedimientos%20Vigente/Normatividad_Gnl/Politica%20para%20la%20Gestion%20Integral%20de%20Residuos%20Solidos%20-%201997.pdf
- [44] Presidencia de la República (1974). Decreto 2811 de 1974. [En línea]. Disponible: https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/20167/Decreto_2811_1974.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [45] El congreso de la República (1979). Ley 9 de 1979. [En línea]. Disponible: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/LEY%200009%20DE%201979.pdf
- [46] El presidente de la República (1977). Decreto 1449 de 1977. [En línea]. Disponible: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1503>
- [47] Ministerio del medio ambiente (1997). Política de producción más limpia. [En línea]. Disponible: <https://justiciaambientalcolombia.org/wp-content/uploads/2012/09/polc3adtica-nacional-de-produccic3b3n-mc3a1s-limpia2.pdf>
- [48] Jaime.F. Gomez. P. (1995). El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. [En línea]. Disponible: https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p143-152.pdf
- [49] Galindo Quiroga. C. R. (2017). Análisis socioecológico de la producción de panela en el corregimiento de San Salvador, Valle del Cauca. (Tesis Ecología). Pontificia Universidad Javeriana. Repositorio Universidad Javeriana.

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34405/GalindoQuirogaClaudiaRocio2017.pdf?sequence=3>

[50]. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. (2003). Los recursos naturales renovables en el territorio de la CAR. [En línea]. Disponible: <https://sie.car.gov.co/handle/20.500.11786/37098#page=1>

[51] CERES Colombia. *Normas Orgánicas*. [En línea]. Disponible: <https://cerescolombia-cert.com/normas-organicas/> [Acceso: marzo 20, 2022].

[52] Panela San Isidro. *Nosotros*. [En línea]. Disponible: <https://www.panelasanisidro.com/nosotros/> [Acceso: marzo 22, 2022].

[53] Corpoica. “Oportunidades de producción más limpia en la agroindustria panelera”. [En línea]. <https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/36901/02835.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso: marzo 28, 2022].

[54] Pinto Moreno.D. A y Pulido Londoño.A.E. (2020). Propuesta de una alternativa de mejoramiento tecnológico para el sistema de combustión de un trapiche rural comunitario en la inspección de Mámbita (Cundinamarca). (Tesis de Especialización). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Repositorio Universidad Distrital. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25507/PulidoLondo%c3%b1oAndresEnrique2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

[55] D. Martinez [Entrevista]. 8/04/2022

[56] Amador Baez. K y Rangel Calderon. H (2019). Propuesta de un sistema de tratamiento de agua residual industrial en el proceso de elaboración de la panela en la empresa Doña Panela LTDA. (Tesis Pregrado). Fundación Universidad de

América. Repositorio Universidad de América.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7717/1/6132187-2019-2-IQ.pdf>

[57] ERCA. Plantas de tratamiento de aguas en Cundinamarca [En línea]. Disponible: <https://www.ercasas.com.co/plantas-de-tratamiento-de-aguas-en-cundinamarca/> [Acceso: junio 11, 2022].

[58]. Ministerio de Vivienda. Saneamiento de vertimientos [En línea] Disponible: <https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/saneamiento-de-vertimientos#:~:text=A%20trav%C3%A9s%20del%20Programa%20Saneamiento,de%20las%20Metas%20del%20Plan> [Acceso: junio 12, 2022].

[59] Martínez. S. J. C. (2014). La asociatividad como alternativa para la penetración de mercados internacionales: caso de estudio asociación de paneleros Asopropanoc. (Tesis de Maestría). Universidad Militar Nueva Granada. Repositorio Unimilitar. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6997/La%20asociatividad%20como%20alternativa%20para%20la%20penetraci%C3%B3n%20de%20mercados%20internacionales..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[60] Criales Romero. A.L. (2021). *Central de mieles de quipile modelo de negocios* [En línea]. Disponible: https://www.academia.edu/41616780/CENTRAL_DE_MIELES_DE_QUIPILE_MODELO_DE_NEGOCIOS. [Acceso: marzo 15, 2022].

[61]. Calvo Hurtado. V. C. (2020). Sistema de Recaudo de la Cuota de Fomento Panelero. (Seminario de grado). Universidad Santo Tomás. Repositorio Usta. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/34648/2020vivianacalvo.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=De%20acuerdo%20con%20lo%20dispuesto,y%20jur%C3%ADdicas%20que%20adquieran%20o>

[62] Manual Estructuración del Trabajo de Grado, Fundación Universidad de América, 2021, [PDF].

ANEXOS

ANEXO 1.

TABLA DE RESULTADOS DE SAN ISIDRO

Tabla 8

Resultados del caso de éxito San Isidro

	2	3	4
Año	1997	2002	ACTUAL
Área caña, ha?	5	14	14
Rendimiento, t/ha?	40	50	50
Periodo vegetativo, mes?	15	15	15
Producción anual caña, t	160	560	560
Extracción, Kg jugo/100 Kg Caña?	53	56	56
Cachaza por año, t	3,2	11,2	11,2
Brix Jugo?	18,0	18,0	18,0
Brix panela	92,0	98,0	98,0
Panela anual, t	16,0	55,5	55,5
Panela mensual, t	1,3	4,6	4,6
Semanas de trabajo por mes, ?	1,0	2,0	2,0
Panela producida semanalmente, t	1,8	2,3	2,3
Días de trabajo por semana, ?	2,5	2,0	1,4
Panela producida diariamente, Kg	710	1157	1630
Horas de trabajo por dia, #	16,0	16,0	17,0
Panela producida por hora, Kg	44,3	72,3	95,9
Horas de trabajo por semana, #	40,0	32,0	24,1
Caña molida por hora, Kg	444	729	967
Rendimiento panela por caña, %	9,98	9,92	9,92
Eficiencia del horno, %	26	40	54
Peso bagazo verde, Kg/hora	209	321	425
Humedad del bagazo verde, %	59	58	58
Humedad del bagazo seco, %	25	15	15
Potencia necesaria, (Kw)	507	579	569
Bagazo seco consumido, (Kg/h):	155	178	174
Déficit o exceso de bagazo, Kg/h	-69,3	-25,7	34,8
Leña equivalente, Kg/h	-63,1	-23,4	31,7
Precio de la leña, \$1000/t	40,0	40,0	40,0
Valor leña consumida, \$1000 anual	-909	-719	735
Déficit o excedente de bagazo por molienda, Kg	-2773	-822	841
Déficit o excedente de bagazo por año, t	-25,0	-19,7	20,2
Producción de monóxido de carbono, Kg/t panela	993	350	241
Producción de monóxido de carbono, Kg/año	15853	19440	13386

	2	3	4
Año	1997	2002	ACTUAL
Producción de bióxido de carbono, Kg/t panela	1455	1687	1549
Producción de bióxido de carbono, Kg/año	23229	93701	86036
Energía arrojada al ambiente, KW/t panela	9352	6939	5978
Energía arrojada al ambiente, KW/año	149307	385412	332035

Nota. Cambios en las variables a partir de la implementación de prácticas de producción más limpia. Tomado de: Corpoica. “Oportunidades de producción más limpia en la agroindustria panelera”. [En línea]. <https://sie.car.gov.co/bitstream/handle/20.500.11786/36901/02835.pdf?sequence=1&isAllowed=y> [Acceso: marzo 28, 2022].

ANEXO 2.

CASOS DE ÉXITO DE PML EN CUNDINAMARCA

1. Asociación de productores de panela de Nocaima, ASOPRANOC

La asociación de productores de panela de Nocaima se encuentra ubicada en Cundinamarca, debido a la disminución del consumo de panela en los últimos años por falta de buenas prácticas de manufactura nace esta asociación, con el fin de capacitar a los productores de panela que no saben cómo cumplir con las nuevas condiciones del mercado y así producir una panela de alta calidad y sostenible.

Asopranoc está compuesta por 40 productores de los cuales 30 son orgánicos y 10 aun manejan procesos de producción convencionales. Adicionalmente, se encuentra certificada por la BSC Colombia. “La certificación BCS es una certificación de cumplimiento del Reglamento Europeo para productos orgánicos. BCS es una de las primeras certificadoras en Alemania propia de la agricultura ecológica”. [59]

Esta asociación tiene como principal objetivo implementar procesos de producción limpios, por lo que ha logrado un bajo consumo de fertilizantes y agroquímicos, la reforestación de Nocaima sembrando 7000 árboles, tratamiento de aguas residuales, además de ser participe en el diseño de fincas auto- sostenibles a partir de la reutilización de residuos.

Es así como, Asopranoc planea tener procesos 100% orgánicos a partir de la implementación de buenas prácticas de manufactura, proteger y conservar el medio ambiente y así poder llegar a los mercados internacionales ya que en el mercado nacional se ven afectados por los productores ilegales de panela a base de azúcar.

Para los siguientes casos de éxito, se contactaron a los representantes de las empresas o asociaciones productoras de panela a través de entrevistas telefónicas.

2. Hacienda el Escobal

Hacienda el Escobal se dedica a la producción y comercialización de caña de azúcar, panela, arroz paddy, semillas certificadas de arroz y ganado desde 1940, siendo una de las principales organizaciones productoras de panela en Colombia que tienen en cuenta la sostenibilidad social y ambiental en sus procesos productivos. Actualmente, está ubicada en la ciudad de Ibagué.

Ambientalmente la Hacienda el Escobal está comprometida reflejándolo en acciones como la implementación del modelo de Agricultura Circular con el establecimiento de barreras ecológicas para la preservación de polinizadores como abejas. Adicionalmente, esta organización recibió el reconocimiento a la excelencia ambiental y empresarial negocios verdes en 2019.

Otras de las prácticas de producción más limpia implementadas por la Hacienda el Escobal según Andres Felipe Urrea Giraldo, ingeniero agrónomo, quien fue subgerente de la organización con más de 9 años de experiencia, son la eficiencia en la hornilla a partir de la construcción adecuada y correcta de esta, lo que permitió hacer uso únicamente del bagazo como combustible, beneficiando directamente al medio ambiente sabiendo que para 100 kilos de panela se talan 20 árboles en promedio y otro beneficio obtenido es la productividad de los empleados ya que se redujeron notablemente los tiempos y movimientos de los operarios que ya no tenían que realizar actividades de tala de árboles y transporte de esta leña hasta la planta, este último beneficio además de impactar la eficiencia y productividad, se vio reflejado en la disminución de costos de diésel que se consumía en el transporte.

Asimismo, la Hacienda el Escobal implementa sistemas de riego con tecnología que permite tener una disminución del consumo de agua en un 30%.

Por otro lado, Andres Felipe Urrea nombro algunos desafíos que tiene la implementación de producción más limpia en la industria panelera, como lo son los precios del mercado, los cuales los dan las pequeñas productoras informales de panela, las cuales no tienen en cuenta la sostenibilidad en sus procesos, esto impacta directamente a aquellas

productoras grandes de panela como la Hacienda el Escobal ya que la inversión que realizan para modificar sus procesos y prácticas en pro del ambiente pueden no recuperarse por los precios bajos que impone el mercado. Adicionalmente, Andres menciona que Colombia no ve el valor agregado a estas prácticas de producción más limpia, por lo que el mercado objetivo de estas grandes industrias está en el exterior, donde además de valorar productos sostenibles es obligatorio que los procesos de producción no afecten al medio ambiente. Teniendo en cuenta esta problemática Andres propone que la solución a esta, es crear una regulación estricta tanto para panelas que llegan a supermercados como para exportaciones, puesto que actualmente solo se exige la cuota de fomento panelero, definido como lo menciona Viviana Calvo en Sistema de Recaudo de la Cuota de Fomento Panelero “de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 40 de 1990, el pago de la cuota de fomento panelero corresponde al 0.5% del precio de cada kilogramo de panela que produzcan los trapiches paneleros” [6]

3. Asociación agropecuaria montaña negra

La asociación agropecuaria montaña negra está ubicada en Guaduas Cundinamarca, tiene una producción mensual entre 6000 y 7000 kilogramos de panela, está constituida por una planta comunitaria por lo que el avance tecnológico en sus procesos productivos es bajo. Sin embargo, conforme a la entrevista entablada con Mariela Mahecha implementan prácticas de producción más limpia como: cocinar la cachaza para alimentar a los animales, reducción del uso de leña como combustible siendo el principal material generador de calor el bagazo, aprovechan la luz solar para alumbrado permitiendo la disminución en costos de servicios de electricidad.

En efecto esta asociación planea implementar un molino eléctrico que permitirá favorecer el ambiente, la tecnología y la eficiencia de sus procesos, no obstante, presentan un gran desafío, en cuanto al apoyo económico por parte del gobierno y el aumento de la potencia eléctrica, en este último aspecto no han recibido respuesta positiva por parte de Codensa.

4. Cooperativa La Esperanza, Coopesperanza

Cooperativa la esperanza se dedicada la producción de panela, se encuentra ubicada en La Palma Cundinamarca, de cada molienda se producen 2 o 3 paneladas, cada panelada equivale a 20 kilos de panela. En la entrevista realizada a Ana Ruby Lopez que cuenta con más de 25 años de experiencia, asegura que los procesos de Coopesperanza son de principio a fin orgánicos, ejemplo de esta afirmación es el uso de balso y guácimo en lugar de químicos para la clarificación de jugos de caña. Adicionalmente, reciclan y producen compostaje a partir de residuos orgánicos para abonar las siembras.

Cabe resaltar que Coopesperanza intento modificar la hornilla para hacerla más termo eficiente, sin embargo, no funciono y según Ana Lopez empeoro la eficiencia térmica de la hornilla, por lo que asegura no volverían a intentarlo. De igual manera como en otros casos de éxito Coopesperanza utiliza únicamente el bagazo como combustible.

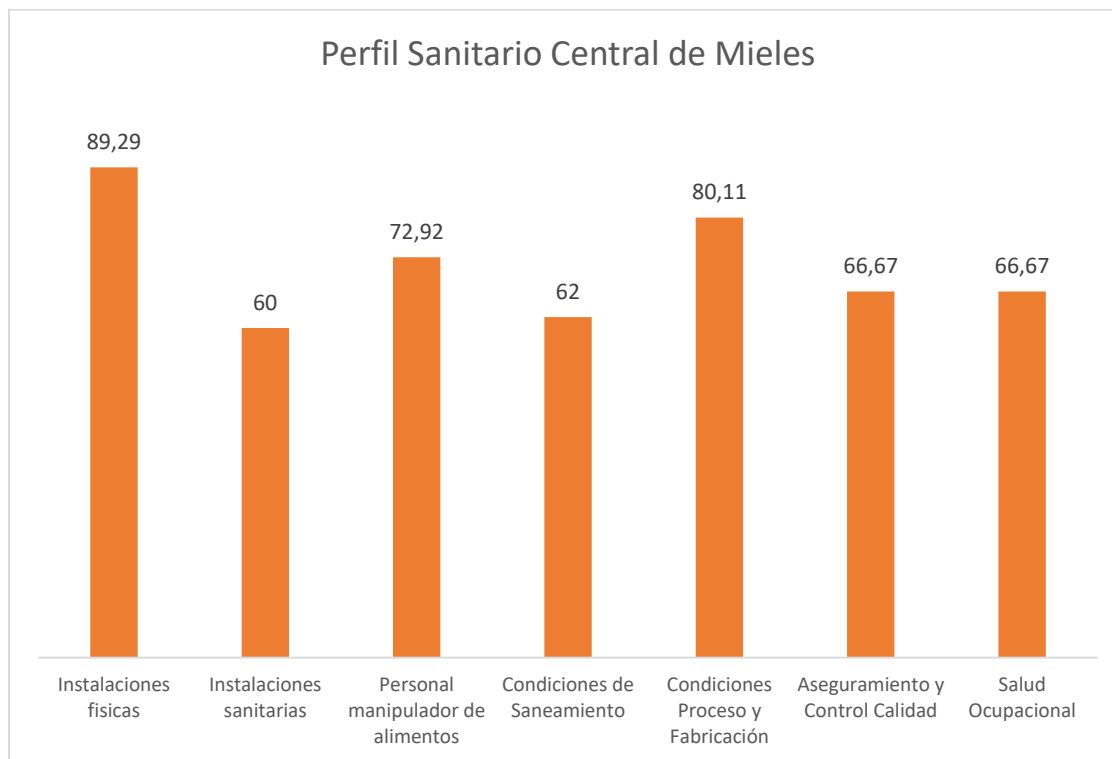
5. Asociación de productores de mieles

La asociación de productores de mieles también conocida como Asopromieles o Central de Mieles de Quipile, es una empresa sin ánimo de lucro conformada por 86 cañicultores y paneleros, ubicada en Cundinamarca.

En el modelo de negocio presentado por Fedepanela para la Central de Mieles de Quipile se evidencia el compromiso de los cañicultores y paneleros por cumplir con una producción más limpia, como se muestra en la figura 48.

Figura 48.

Perfil Sanitario Central de Mieles.



Nota. Cumplimientos obligatorios de los cañicultores y paneleros que conforman Asopromieles en cuanto a instalaciones, manipulación de alimentos, saneamiento, control y calidad y salud ocupacional. Tomado de Criales Romero. A.L (2021). *Central de mieles de quipile modelo de negocios* [En línea].

Disponible: https://www.academia.edu/41616780/CENTRAL_DE_MIELES_DE QUIPILE_MODELO_DE_NEGOCIOS. [Acceso: marzo 15, 2022].

Figura 49.

Porcentaje de cumplimientos obligatorios de Asopromieles



Nota. Porcentaje del 71% de cumplimientos obligatorios de la Asopromieles según la resolución 2679 de 2013. Tomado de Criales Romero. A.L (2021). *Central de mieles de quipile modelo de negocios* [En línea]. Disponible:https://www.academia.edu/41616780/CENTRAL_DE_MIELES_DE QUIPILE MODELO DE NEGOCIOS. [Acceso: marzo 15, 2022].

Héctor Medina representante de la asociación indica que esta asociación obtuvo el certificado orgánico aproximadamente en el año 2020, sin embargo, no recibieron apoyo del gobierno para la renovación del sello orgánico que debe ser anual por lo que recurrieron a alianzas con una empresa con ánimo de lucro con la que lograron aprender practicas sostenibles. Cabe resaltar que los sellos orgánicos permiten la entrada al mercado internacional.

Actualmente el proceso de producción es diferente al convencional de los trapiches paneleros, ya que ellos no realizan el 100% de la producción lo que hacen es seleccionar algunos trapiches de la zona para comprarles la miel extraída de la caña de azúcar que

no debe pasar de 65°C por libra, una vez que esta miel pase a canecas propias para el transporte de esta, se traslada a la central de mieles para que así se homogenice el producto y se obtenga con altos estándares de calidad.

Por otro lado, Héctor Medina ha identificado un incremento en los pedidos de panela orgánica pasando de una cotización a quince cotizaciones en promedio, lo que indica que el mercado se está interesando más por la panela producida a partir de procesos orgánicos que minimicen la contaminación generada en procesos convencionales. Adicionalmente, Asopromieles planea reducir considerablemente la contaminación generada por los procesos productivos y organizar un plan de reforestación.

ANEXO 3.
FOTOS PROCESO DE PRODUCCIÓN PANELA EN CUNDINAMARCA

Apronte Cundinamarca











Molienda

















Hornilla













Prelimpieza, limpieza y evaporación



















Batido











Moldeo





















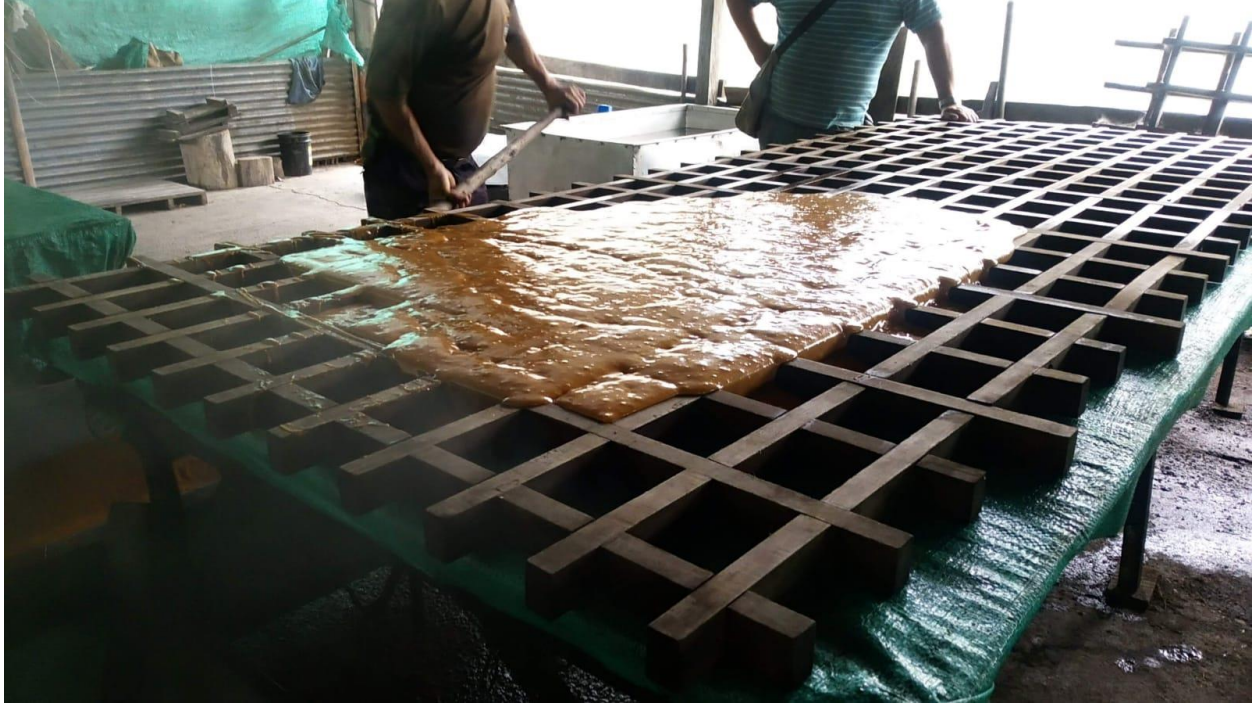












Empaque







Limpieza de instalaciones y equipos







