

Aplicación de la Metodología Flujo de Materiales para la Producción de Panela (Estudio de Caso Trapiche El Panelero S.A.S)

Application of material flow methodology for panela production (Trapiche El Panelero S.A.S case study)

Sandra Natalia Paredes Monroy^a Daniel Steban Molina Palencia^b,
W. Enrique Amaya Tequia^b

^a Ingeniería Ambiental / Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, sandra.paredes@usantoto.edu.co

^b Ingeniería Ambiental Universidad Santo Tomás, daniel.molina@usantoto.edu.co
wilson.amaya@usantoto.edu.co

Resumen— La panela es un alimento dulce típico de la gastronomía de diversos países en Asia y América; su proceso de producción cuenta con diversas fases que constituyen las entradas y salidas del sistema. Colombia es un país productor de panela, ya que sus condiciones climatológicas favorecen el cultivo de la materia prima (caña de azúcar). De esta manera varios departamentos cuentan con empresas paneleras como es el caso objeto de estudio “Trapiche El Panelero S.A.S” ubicada en la vereda Balsa y Resguardo del municipio de San José de Pare del departamento de Boyacá. Allí se realizó visita técnica con el objetivo de conocer cada uno de los procesos desarrollados, desde la obtención de la materia prima hasta el producto final. Así como las entradas y salidas del sistema, herramienta importante para implementar la metodología de flujo de materiales. Así pues, se realizó la identificación de los impactos generados por esta industria y las alternativas de control y mitigación; base fundamental para la toma de decisiones. Finalmente, se demostró que la metodología implementada dio cumplimiento a los objetivos, trayendo consigo beneficios para el proceso productivo.

Palabras clave— Panela, producción, recursos, sostenibilidad, metodología flujo de materiales.

Abstract— The panela is a sweet food typical of the gastronomy of various countries in Asia and America; its production process has several phases that constitute inputs and outputs of the system. Colombia is a panela-producing country, as its climatic conditions favor the cultivation of raw materials (sugar cane). In this way, several departments have paneling companies such as the case study "Trapiche El Panelero S.A.S" located in the Balsa and Resguardo district of the municipality of San José de Pare in the department of Boyacá. There was a technical visit with the aim of knowing each of the processes developed, from the obtaining of the raw material to the final product. As well as the inputs and outputs of the system, important tool to implement the methodology of material flow. Thus, the identification of the impacts generated by this industry and control and mitigation alternatives was carried out; a fundamental basis for decision-making. Finally, it was demonstrated that the methodology implemented gave fulfillment to the objectives, bringing benefits to the productive process.

Keywords— Panela, production, resources, sustainability, material flow methodology.

I. INTRODUCCIÓN

La panela es un alimento que se caracteriza por presentar una utilización única, lo cual representa un producto con una característica distintiva correspondiente a su inmediata utilización luego de ser elaborado (Castañeda-Suárez, 2017). De esta manera, la panela se convierte en un producto con alta demanda incorporada en el consumo.

Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombia es el segundo mayor productor de panela, ya que cuenta con unas condiciones ambientales óptimas evidenciándose en la producción de la materia prima (caña de azúcar), la cual es capaz de producirse en diferentes regiones del país.

En este sentido el departamento de Boyacá es un productor potencial en el país, ya que programas como ‘Boyacá Territorio de Sabores’ han incentivado y respaldado la industria panelera (Elianadiáz, 2022). Así mismo, el municipio de San José de Pare cuenta con varias empresas paneleras, dentro de las cuales se destaca “Trapiche el Panelero S.A.S” objeto de estudio, ubicado en la vereda Balsa y Resguardo del municipio Figura 1 (panelero)

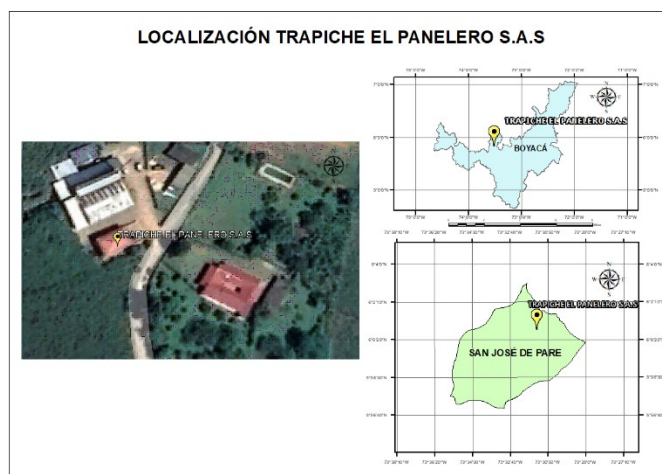


Fig. 1. Localización empresa Trapiche el Panelero S.A.S
Fuente Autores

En la misma línea, la implementación de los procesos de gestión ambiental y procesos industriales son dos áreas de gran importancia para lograr garantizar un desarrollo sostenible. La importancia de cada uno de estos aspectos se refiere a la planificación, implementación y supervisión de buenas prácticas y cumplimiento de políticas que tienen como objetivo proteger y preservar el medio ambiente. En donde es considerada la conservación de los recursos naturales de manera eficiente y sostenible, evitando su sobreexplotación y agotamiento. Estos aspectos son fundamentales para garantizar la disponibilidad de recursos a largo plazo y mantener el equilibrio de los ecosistemas (Darío Muriel)

Adicionalmente una buena práctica y buena gestión en los procesos promueve la conservación de la diversidad biológica y de los ecosistemas, siendo esta esencial para el funcionamiento de los mismos ante la regulación del clima, la purificación del agua y la polinización de los cultivos. Por otro lado, la gestión ambiental busca minimizar la generación de contaminantes y reducir los impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana. A través de la implementación de medidas de prevención y control de la contaminación, se pueden prevenir problemas de afectación del aire, el agua y el suelo (Castañeda-Suárez, 2017)

En cuanto a los procesos industriales que hacen referencia a actividades u operaciones que ocurren en el sector industrial. Se determina que dichos procesos pueden tener un impacto significativo en el medio ambiente debido a la emisión de contaminantes, el consumo de recursos naturales y la generación de residuos (Retamoso, 2007)

En la gestión ambiental de los procesos industriales se busca promover la eficiencia en el uso de recursos, como la energía y el agua. Mediante la implementación de medidas de conservación y uso racional de los recursos, se puede reducir el impacto ambiental y optimizar los costos de producción. Sumado a la reducción en la generación de residuos y emisiones en los procesos industriales. Este objetivo se puede alcanzar mediante la implementación de tecnologías limpias, la adopción de buenas prácticas de producción y la adecuada implementación de sistemas de gestión de residuos (Uribe)

De igual manera, se prioriza dar cumplimiento de estándares y regulaciones a los procesos industriales donde se asegure que las empresas cumplan con los patrones y normativas ambientales establecidos por las autoridades competentes. Estos aspectos contribuyen a prevenir la contaminación y garantizar un funcionamiento responsable y sostenible de las actividades industriales (Gándara, 2011)

Dentro de este orden de ideas, el proceso productivo de la panela presenta varias fases definidas, donde se observan entradas y salidas de energía y materia. Es así como se logra adquirir información objetiva, lo que permite identificar los impactos ambientales y la demanda de recursos propios del proceso. (Castañeda-Suárez, 2017)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se implementa una metodología de flujo de materiales, la cual se basa en la conservación de masas, donde se busca plantear la definición del sistema teniendo en cuenta espacio y tiempo con los procesos y la medición de entradas y salidas (López, 2017)

De esta manera, se permite detectar impactos, desde una visión de sistemas ambientales de la producción de panela en

bloque y en polvo. De igual manera se presenta la descripción del proceso productivo generado en la empresa “El Trapiche S.A.S”, iniciando con la descripción de conceptos básicos como se muestra a continuación.

La caña de azúcar o por su nombre científico *Saccharum officinarum L.*, es una planta perteneciente a la familia de las gramíneas originaria de Nueva Guinea, cultivada por primera vez en territorio asiático y la India occidental (Farfán)

Con respecto al cultivo de caña de azúcar *Saccharum officinarum*, se caracteriza por producir carbohidratos, celulosa, jugo de sacarosa, el cual permite formar el azúcar; componente fundamental en la producción de la panela (Azúcar). De allí se obtienen los principales subproductos como la miel incristalizable, melaza y la fibra, el bagazo. (Cabrera, 2020)

En lo concerniente al proceso productivo, comienza con la recepción de la materia prima (caña de azúcar), la cual se organiza en el área dispuesta para procesarla Figura 2.



Fig. 2. Recepción y almacenamiento de la materia prima
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Posteriormente se prepara la materia prima para ser procesada por el molino modelo 12,5 x 16 doble, el cual cuenta con dos pasadores. De esta manera se realiza la extracción del jugo de la caña de azúcar con un sistema de compresión por medio de los rodillos Figura 3.



Fig. 3. Procesamiento de la materia prima en el molino
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Seguidamente se conduce el jugo hasta el área de pre-limpieza con el fin de retener parte de los residuos sólidos presentes en el mismo, por medio de un sistema de decantación Figura 4.



Fig. 4. Área de Pre-limpieza
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Seguidamente, el jugo decantado es conducido por una tubería hasta el área de vapores. Allí es tratada en el primer fondo donde se inicia el proceso de clarificación eliminando sólidos en suspensión (cachazas). Es de gran importancia agregar en este fondo un aglutinante denominado BALSÓ con el fin de congregarse sustancias o partículas no deseables en el jugo de caña Figura 5.



Fig. 5. Primer fondo, proceso de clarificación
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S



Fig. 7. Segundo fondo, adición de cal
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Seguidamente pasa al tercer fondo donde se obtiene el llamado “punto” exacto el cual se da mediante el paleo manual, operación que se lleva a cabo en los fondos de punteo. Allí las mieles alcanzan una concentración cercana a los 93° brix. En esta fase se agrega un agente antiespumante y antiadherente para homogenizar la miel (Aceite de higuera) el cual se deposita en una batea y por acción, mediante un batido intenso, se enfría, adquiriendo la textura para el moldeo requerido.



Fig. 6. Balso
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S



Fig. 8. Tercer fondo
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Finalizada la clarificación, se da inicio a la evaporación aumentando de esta manera la concentración de azúcares en los jugos. Este proceso se lleva a cabo en fondos ubicados de forma lineal. La evaporación del agua contenida en los jugos permite alcanzar la concentración adecuada para la consolidación y el moldeo de la panela dada entre los 120 y 125° C para panela en bloque y 126 y 135° C para panela pulverizada (Rodríguez, 2020)

Es así como se pasa a un segundo fondo, el cual maneja altas temperaturas con el objetivo de evaporar el agua presente. Cabe resaltar que en esta parte del proceso se adiciona cal para regular la acidez de los jugos, prevenir la formación de azúcares reductores y ayudar a la clarificación de los jugos. De esta manera se adicionan entre a 200 y 250 gr de cal por litro de agua para realizar el ajuste de pH entre 5,5 a 5,7 para la panela en bloque y para la pulverizada de 5,7 a 6.0.



Fig. 9. Fondos de punteo
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Posteriormente, se pasa al área o cuarto de moldeo y pulverización como se observa en la Figura 8. Una vez la miel

ha sido batida se dispone en moldes o gaveras, adquiriendo su forma definitiva en diferentes presentaciones hasta llegar a solidificarse. El cuarto de moldeo debe estar totalmente cerrado y aislado de la bagacera, rodeado de mallas para evitar la entrada de vectores como animales o insectos que puedan afectar la calidad final del producto, esto mejora las condiciones higiénico-sanitarias de la panela.

Debe señalarse que para la producción de panela pulverizada se mantiene un movimiento constante hasta obtener granos gruesos, los cuales pasan por el proceso de “zarandeo”. De esta manera, la panela que es tamizada se separa en dos grupos, las de grano fino (Panela pulverizada) y la de grano más grueso (Granulada).

Es así como la panela de grano grueso pasa por el molino martillo con el fin de obtener granos finos, convirtiéndose en panela pulverizada (VILLOTA ESCOBAR, 2019). Cabe destacar que para que el producto sea empacado debe pasar por un proceso de enfriamiento que se da por convección natural, donde el material se extiende sobre un mesón para permitir un buen desarrollo en esta fase.



Fig. 12. Molino martillo
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Una vez se obtiene la panela, ya sea en polvo o bloque es transportada al área de empaque y almacenamiento. Para el caso de la panela en polvo, esta es pesada y empacada en bultos de 25 kg la cual se comercializa en esa presentación, sin embargo, hay diferentes empresas que solicitan sea empacada en bolsas más pequeñas con su marca propia Figura 13.



Fig. 10. Paso a área de moldeo y pulverización
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S



Fig. 13. Empaquetado panela en polvo
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S



Fig. 11. Área de moldeo y pulverización
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Por otra parte, la panela en bloque es ordenada y empacada dependiendo del tamaño del piloncillo. De igual forma existen diferentes empresas que solicitan sea empacada en cajas con su marca Figura 14.



Fig. 14. Empaquetado panela en bloque
Fuente Autores
NotaTrapicheElPaneleroS.A. S

Una vez está listo el producto final se dispone para ser llevado hasta su destino, se inspecciona el vehículo a transportar asegurándose que cumpla todos los requisitos para el transporte de alimentos y se verifica el estado en que se encuentra el producto final (Martínez). Cabe resaltar que el producto final es exportado a países como España y Estados Unidos.

En relación con lo anterior, se realiza el mapa de entradas y salidas del sistema con el objetivo de comprender a detalle los procesos empleados en la producción de panela identificando las cantidades de materia prima y demás insumos y subproductos específicamente en 24 horas.

III. RESULTADOS

La producción de panela se caracteriza por presentar distintas fases, donde se observan entradas y salidas de energía y materia, por lo cual se presenta el mapa de procesos y el mapa de entradas y salidas.

El proceso productivo de la panela en la empresa “Trapiche el panelero S.A.S” está compuesto principalmente por cinco fases, donde cada una presenta un proceso importante, desde la extracción de materia prima hasta el enfriamiento y comercialización.

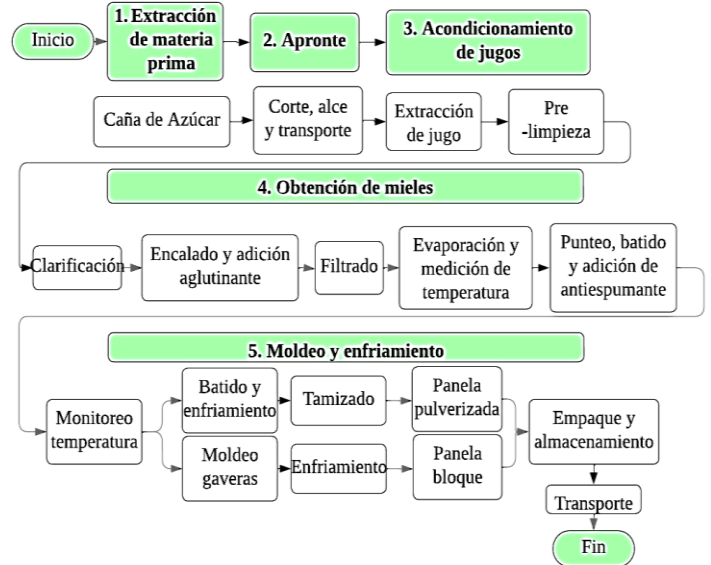


Fig. 15. Mapa de procesos
Fuente Autores

Con relación a lo anterior, se presenta el mapa de entradas y salidas las cuales demuestran las influencias directas desde el entorno del sistema evaluado y los efectos del mismo sobre el medio. Cabe resaltar, que algunas salidas presentes en la empresa “Trapiche el Panelero S.A.S” son consideradas como subproductos. Tal es el caso del bagazo, el cual es usado como combustible para el proceso de obtención de mieles el cual permite que los fondos se encuentren a altas temperaturas por la combustión de este.

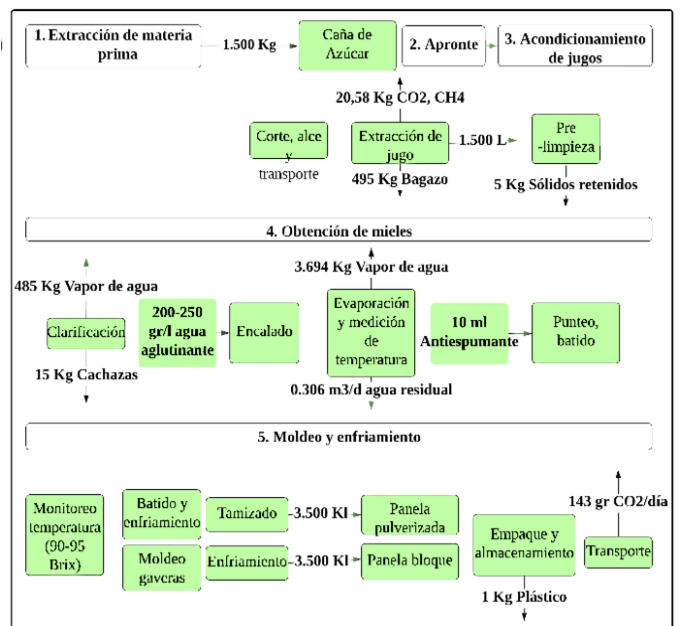


Fig. 16. Mapa de entradas y salidas
Fuente Autores

En este sentido se comprende, que las entradas corresponden a 31.500 Kilogramos de caña de azúcar, 200-250 gramos por litro de agua de aglutinante y 10 mililitros de antiespumante.

Por otra parte, y teniendo en cuenta la revisión bibliográfica, se estiman los valores para las salidas de: emisiones, bagazo, sólidos retenidos, cachazas, aguas residuales y residuos sólidos.

Dentro de este marco, se evidencian los impactos ambientales generados por el proceso productivo. De esta manera, se consideran los efectos negativos que son provenientes de las actividades antrópicas, industriales que se tienen en afectación directamente sobre el medio ambiente. Estos impactos pueden ser generados en diferentes fuentes incluyendo la degradación del suelo, contaminación del agua y el aire, la deforestación incluida la biodiversidad. Dichas afectaciones pueden ser generados de forma local, regional, global generando consecuencias a corto, mediano y largo plazo (García Muñoz, 2004)

En el proceso productivo de la panela es importante destacar que los impactos generados al ambiente logren ser mitigados a través de diversas prácticas de producción más sostenible y responsable con el medio (Aguiar, 2021). De igual manera, se presentan constantes impactos en las diferentes etapas, los cuales pueden ser influenciados por diversos aspectos al enfrentarse a un proceso industrial generando varios efectos ambientales negativos, en donde se incluyen y resaltan los siguientes impactos más significativos.

Uno de los impactos primarios es el consumo de agua, ya que la producción de panela requiere grandes cantidades para el lavado y la extracción del jugo de caña de azúcar. Si este recurso no es manejado adecuadamente, puede llevar a la escasez del recurso hídrico y a la contaminación de ríos y acuíferos. Así pues, se evidencia una práctica y gestión hídrica en las empresas paneleras; donde se verifique el consumo de agua, la responsabilidad de las mismas la cual conlleva a la sostenibilidad (Restrepo, 2015).

De igual forma se presenta una generación de residuos orgánicos en la producción de panela en grandes cantidades como bagazo y vinaza, que, de no ser manejados adecuadamente, pueden llegar a presentar una contaminación del suelo y el agua.

En cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero estas son generadas en el proceso de producción, donde se liberan gases como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso. Estos gases contribuyen al cambio climático y la degradación ambiental. De igual forma la producción de panela requiere grandes cantidades de energía, que a menudo

proviene de fuentes no renovables, como el petróleo o el gas natural. El uso de estas fuentes de energía puede tener un impacto negativo en el medio ambiente, ya que igualmente aumentan la emisión de gases de efecto invernadero y a la contaminación del aire. Dentro de este orden de ideas, se hace necesario tener en cuenta las normas de emisión expedidas por la autoridad ambiental competente; la cual contendrá los estándares legalmente admisibles de contaminantes del aire (ambiente, 1995)

Es así, como uno de los impactos más grandes hace referencia al proceso de deforestación y la ampliación de la frontera agrícola con cultivos de caña de azúcar para la producción de panela. Realizándose en algunos casos tala de grandes áreas de bosque, generando un impacto negativo en la biodiversidad y en la capacidad de los bosques para almacenar carbono y regular el clima (Quezada-Moreno, 2021)

También se destaca una cara positiva de impacto en cuanto al sector económico ya que este gremio genera empleo y recursos para las diferentes comunidades rurales, siendo esta una fuente importante de ingreso para agricultores y pequeñas y medianas empresas; ya que en distintos casos este proceso es realizado de manera artesanal, siendo la panela un producto de consumo constante.

Cabe aclarar que, en comparación de los diferentes endulzantes actuales en el comercio la producción de la panela genera un impacto menor ya que su proceso industrial es menor y el uso de recursos naturales es reducido en cuanto a utilización de agua y energía. Por ende, es fundamental continuar promoviendo las buenas prácticas agrícolas (BPA) y obtener reconocimiento en certificaciones de producción y producto final que garanticen su origen y beneficios.

Al mismo tiempo, se realiza el mapa de procesos con el fin de representar cada uno y sus interrelaciones. Es así como inicialmente, se identifican las materias primas, los insumos y los subproductos presentes en la Tabla 1.

Tabla. 1. Identificación de componentes

Materia Prima	Caña de azúcar
	➤ Balso
	➤ Cal
Insumos	➤ Aceite de Higuera
	➤ Agua
Subproductos	Bagazo
	Sólidos retenidos

Fuente Autores

Con relación a la problemática expuesta, y el análisis de entradas y salidas para el proceso productivo se plantean

alternativas de compensación para los impactos generados específicamente por las salidas del sistema.

Inicialmente se tienen en cuenta las emisiones generadas en el proceso de la extracción del jugo, donde se emiten aproximadamente 20,58 Kilogramos entre Dióxido de Carbono y Metano en 24 horas (Quezada-Moreno, 2021). En relación a este parámetro y según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (Nations., 2023), un árbol es capaz de capturar 25 Kilogramos de emisiones en un año. De esta manera, se propone realizar una reforestación de 300 árboles para compensar las emisiones generadas por la empresa "Trapiche el Panelero S.A.S." Así mismo, se generan residuos que se convierten en subproductos como lo son el bagazo y los sólidos retenidos; los cuales son reintegrados al proceso productivo como combustible para el funcionamiento del área de vapores.

Adicionalmente, el subproducto cachaza es obtenido del proceso productivo de la panela al cual se le puede dar un uso y beneficio potencial como fertilizantes para el buen desarrollo de los cultivos. No obstante, este subproducto puede generar impactos negativos al medio ambiente si no es manejado correctamente. Afectando significativamente los cuerpos de agua cercanos, dando lugar a la proliferación de algas, disminuyendo niveles de oxígeno que afectan a la vida acuática. Es por ello que se plantea como solución la implementación de técnicas de filtración y sedimentación; eliminando así contaminantes. Adicionalmente es importante promover buenas prácticas agrícolas.

Como se mencionaba anteriormente la cachaza tiene un alto valor nutricional, recomendada para ser utilizada como fertilizantes naturales en Agricultura de conservación, sin perder la oportunidad de reciclar y reutilizar este subproducto de manera sostenible. De esta manera se promueve una adecuada recolección y almacenamiento de estos nutrientes a fin de ser aprovechados, reduciendo al mismo tiempo el uso de fertilizantes químicos y colateralmente los costos de producción.

Además, se debe tener en cuenta que el abuso y/o aplicación de grandes cantidades de este subproducto, puede ocasionar una acumulación de nutrientes en el suelo, lo cual puede llegar a ocasionar una degradación en la calidad de los suelos y lixiviación de contaminantes hacia los cuerpos de agua subterráneos, es por ello que se debe tener un control en cuanto a la regulación de niveles y ajustar las dosis de aplicación.

Al mismo tiempo, el proceso industrial del sector panelero hace uso del recurso hídrico para los diferentes procesos a lo largo de su producción, en donde se propone una adecuada implementación del sistema de tratamiento de aguas residuales dependiendo del tamaño de la producción, composición y características. Por lo cual, se considera la implementación de una PTAR de tipo biológica ya que sus

procesos trabajan de forma aerobia o anaerobia, donde su objetivo es la degradación de materia orgánica. (Cirujeda, 2019)

Así mismo, adicionando un sistema de tratamiento primario el cual consiste en medios mecánicos que cumplan con la remoción de partículas grandes y aquellas que no se encuentren disueltas en el agua. Implementando adicionalmente un tratamiento preliminar de rejillas el cual se encarga de retener sólidos gruesos quedando atrapados en dicha rejilla, un sedimentador primario el cual permite precipitar la mayoría de sólidos que el agua contiene y por último la construcción de un reactor UASB proporcionando una eliminación de demanda química de oxígeno (DQO). De esta manera se logra una limpieza del agua utilizada en el proceso productivo para que este recurso sea devuelto de forma más limpia al medio ambiente. (Cirujeda, 2019)

De esta manera, se considera una opción eficiente, ya que promueve la actividad de microorganismos para descomponer los contaminantes, de igual forma se tienen en cuenta los valores de cantidad de agua generada en los procesos distinguidos para lograr minimizar y/o controlar los impactos generados. Así mismo, esta implementación permitirá la eliminación de diversos contaminantes y lograr una mejora a la calidad del agua antes de que se descargue al ambiente.

En cuanto al uso y gestión responsable de este recurso natural es importante tener en cuenta la eficiencia en la producción de la panela, en donde se considera la reutilización en proceso productivo en remplazo de agua fresca, ya que dicha práctica puede incluir en el uso del agua residual tratada, ya sea en limpieza de materiales y/o equipos, riego de áreas cultivadas, donde se logre evitar desperdicios y optimización en los diferentes procesos. En este aspecto se propone la inclusión e instalación de sistemas de recirculación, detección y recuperación de fugas para lograr correctas medidas de control y consumo de agua.

En lo que se refiere al uso de plásticos en la industria mercantil de la panela, esta produce impactos negativos al medio y a la salud humana ya que el uso de bolsas, envases y empaquetados, son a menudo desechados o descartados de una forma incorrecta y su disposición final termina ocasionando contaminación a cuerpos de agua y suelos, lo cual trae consecuencias a la vida silvestre y ecosistemas acuáticos.

Adicional a ello, el proceso de fabricación de dichos plásticos y su eliminación inadecuada llegan a ocasionar emisiones tóxicas en forma de gases y partículas finas las cuales contribuyen a contaminar el aire ya que dichos productos son duraderos y su tiempo de degradación es extenso y se acumula en ecosistemas causando afectaciones de forma negativa a la calidad del aire.

Es por ello que se plantea una reducción al uso de los

plásticos considerando alternativas sostenibles, incluyendo el uso de materiales o implementos biodegradables reemplazando el plástico convencional. Logrando de esta forma promover el reciclaje de los residuos sólidos (plásticos). De igual forma se busca fomentar e implementar la educación relacionada a problemas ambientales con el mal uso y manejo de plásticos, apoyado y promoviendo el uso de puntos ecológicos los cuales serán ubicados de manera estratégica en las zonas de mayor impacto y de generación de este material contaminante.

IV. DISCUSIÓN

La aplicación de la metodología de flujo de materiales para el estudio de la producción de panela en la empresa “Trapiche el Panelero S.A.S” funciona como herramienta fundamental para la identificación de impactos ambientales en la industria, ya que permite visualizar las entradas y salidas de materia en el proceso. De esta manera, se convierte en un instrumento fundamental en la toma de decisiones que contribuyen a la generación de estrategias de compensación y mitigación de los impactos generados a lo largo del proceso.

Así mismo, con la aplicación de la metodología elegida, se afirma que se logra identificar en cada proceso los residuos e impactos que estos generan, en donde con la práctica de gestión ambiental se logró dar una solución óptima a los diferentes impactos negativos resultantes de la producción de la panela. Obteniendo así, estrategias de mitigación, control de calidad y fomentando la conciencia ambiental.

Adicionalmente, este estudio podrá ser implementado en industrias y gremios aledaños o con actividades similares ya que se fundamenta en una metodología factible de aplicar y óptima para la gestión ambiental y procesos. Así pues, permite la visualización de cada uno de los procesos que atraviesa la materia prima y los componentes necesarios para lograr el producto final de calidad.

V. CONCLUSIONES

En virtud de lo argumentado, y la visita realizada a la empresa “Trapiche el Panelero S.A.S” se evidencian diferentes funcionamientos y aspectos donde se logra comprender las etapas, desde la selección de la materia primas hasta el producto final. Así pues, se define que el proceso de la panela requiere la implementación y combinación de maquinaria y mano de obra calificada para obtener un producto de calidad, por ende, satisfacción del cliente.

Tras el análisis expuesto, se evidencia que la industria panelera, en su proceso productivo presenta algunos impactos al medio, sin embargo, existen alternativas y procesos de mejora para reducir y compensar el impacto generado por algunas fases del mismo en esta industria.

De esta manera, se determinó que el mayor impacto generado en el proceso productivo de la panela es la emisión de gases contaminantes por la hornilla. Sin embargo, se plantea un proceso técnico de reforestación como compensación de estas con el fin de mitigar el impacto.

Adicional, la industria busca una eficiencia de producción implementando técnicas y prácticas que les permite una producción fluida generando rentabilidad y competitividad, empezando con la cadena de suministro en donde se implementan planificaciones y/o coordinaciones efectivas tratando de minimizar demoras y optimizar gastos.

Finalmente, la gestión ambiental de procesos en conjunto con la producción más limpia permite generar un control eficiente de los recursos como agua, energía, materias primas, entre otros. Es así como favorece las industrias ya que incrementa las oportunidades en el mercado, ya que el compromiso con un ambiente sostenible posiciona a las empresas en lugares ventajosos frente a la competencia.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguiar, S. P.-O.-C.-B.-M.-S. (2021). Propuesta para la producción más limpia en destilerías artesanales. *UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2).
2. Ministerio del Medio Ambiente, Colombia. (1995, 5 de junio). Decreto N° 948.
3. Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar. (s.f.). Ficha técnica del cultivo de la caña.
4. Castañeda-Suárez, J. E.-D.-R.-L. (2017). Análisis de ciclo de vida aplicado a la producción panelera tradicional en Colombia. *Revista de La Facultad de Ciencias*, 6(1), 107-122. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v6n1.63316>
5. Cirujeda, J. R. (2019). Aguas residuales urbanas. Elearning, SL.
6. Darío Muriel, R. F. (s.f.). Gestión ambiental.
7. Elianadiáz. (2022). Chitaraque, líder en producción de panela gracias al apoyo de la Gobernación de Boyacá. Gobernación de Boyacá. Obtenido de <https://www.boyaca.gov.co/chitaraque-lider-en-produccion-de-panela-gracias-al-apoyo-de-la-gobernacion-de-boyaca/#:~:text=En%20Boyac%C3%A1%20y%20el%20pa%C3%ADs,con%20el%20departamento%20de%20Santander>
8. Farfán, K. F. (s.f.). Diseño de una línea de producción de panela granulada.
9. Gándara, A. S. (2011). Conceptos básicos de gestión ambiental y desarrollo sustentable. Instituto Nacional de Ecología.

10. García Muñoz, M. C. (2004). Hornillas paneleras: evaluación de impacto ambiental. *Revista Innovación y Cambio Tecnológico*, 4(1), 20-29.
11. López, J. A. (2017). Environment and nitrogen quantification in laying hens using the material flow methodology. *Agroindustrial Science*, 7(2), 79–85. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2017.02.04>
12. Martínez, L. (s.f.). Optimización de operaciones exportadoras de panela como resultado de la práctica. *Al Trapiche*, R., *Panelero*, E.
13. Cabrera, A. I. S., Ojeda, A. P. P., Pinargote, A. R., Martínez, A. P., Pereira, L. B. S., & Santana, K. D. (2020). Huella de carbono en el cultivo de la caña de azúcar. Evaluación agrícola de un caso de estudio de la Amazonia ecuatoriana. *Ingenio Magno*, 11(1), 22-32.
14. Naciones Unidas. (2023, 19 de abril). ¿Cuánto CO2 absorbe un árbol? Obtenido de <https://climate.selectra.com/es/actualidad/co2-arbol#:~:text=Aunque%20su%20capacidad%20de%20absorci%C3%B3n,de%20una%20persona%20al%20d%C3%ADa>
15. Programa panelero. (s.f.). *Producción y trazabilidad*.
16. Quezada-Moreno, W. F.-T.-M.-G.-V.-S.-O. (2021). Evaluación del impacto ambiental en el proceso de elaboración de panela mediante el Análisis de Ciclo de Vida. *Afinidad*, 78(592).
17. Retamoso, C. E. (2007). *Producción limpia, contaminación y gestión ambiental*. Pontificia Universidad Javeriana.
18. Rodríguez, Y. (2020). Diseño del plan de negocio para la producción de panela orgánica pulverizada en la vereda Jagual ubicada en el municipio de Riosucio (Caldas).
19. Uribe, R. P. (s.f.). *Sistema de gestión ambiental: serie ISO 14000 Palabras clave*.
20. Villota Escobar, I. A. (2019). Diseño y construcción de un sistema (clarificación, melado y moldeo) de producción de panela en la vereda Altamira-Orito Putumayo (Tesis doctoral, AUNAR).
21. Restrepo, S. B. (2015). El uso del agua en el cultivo de caña de azúcar. Una mirada desde la huella hídrica. *Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental ACODAL*.