



## Análisis crítico de los impactos ambientales generados por la agroindustria panelera en la provincia de Pastaza - Amazonía ecuatoriana

*Critical analysis of the environmental impacts generated by the sugarcane agroindustry in Pastaza Province, Ecuadorian amazon*

- <sup>1</sup> Víctor González Rivera  <https://orcid.org/0000-0001-5195-9631>  
Universidad Estatal Península de Santa Elena- La Libertad – Ecuador.  
vicgo\_1811@hotmail.com  
[vgonzalezr@upse.edu.ec](mailto:vgonzalezr@upse.edu.ec)
- <sup>2</sup> Michael José Albán Galárraga  <https://orcid.org/0009-0008-6111-0787>  
Universidad Estatal Península de Santa Elena- La Libertad – Ecuador.  
[malban3657@upse.edu.ec](mailto:malban3657@upse.edu.ec)
- <sup>3</sup> Erika Clara Casco Guerrero  <https://orcid.org/0000-0002-6603-6837>  
Universidad Estatal Amazónica, Ecuador  
[claracasco369@gmail.com](mailto:claracasco369@gmail.com)
- <sup>4</sup> Irene Hidalgo Guerrero  <https://orcid.org/0009-0003-7294-6583>  
Compañía Nacional de Químicos Ambientales.  
[irene\\_hidalgo\\_guerrero@yahoo.es](mailto:irene_hidalgo_guerrero@yahoo.es)



### Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 16/04/2024

Revisado: 14/05/2024

Aceptado: 08/06/2024

Publicado: 05/07/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.3070>

### Cítese:

González Rivera, V., Albán Galárraga, M. J., Casco Guerrero, E. C., & Hidalgo Guerrero, I. (2024). Análisis crítico de los impactos ambientales generados por la agroindustria panelera en la provincia de Pastaza - Amazonía ecuatoriana. *ConcienciaDigital*, 7(3), 6-25. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i3.3070>



*CONCIENCIA DIGITAL*, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://concienciadigital.org>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) [www.celibro.org.ec](http://www.celibro.org.ec)

Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons AttributionNonCommercialNoDerivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

**Palabras claves:**

Agroindustria  
panelera, Procesos,  
Impacto ambiental,  
Matriz de Leopold,  
Gestión ambiental.

**Keywords:**

Sugarcane  
agroindustry,  
Processes,  
environmental  
impact, Leopold's  
matrix,  
environmental  
management.

**Resumen**

**Introducción.** El cultivo de caña de azúcar y su transformación son factores importantes que dinamiza la economía rural en la provincia de Pastaza. La tecnología rudimentaria y los mecanismos productivos paneleros conllevan a generar impactos ambientales que deben ser evaluados, identificados y corregidos. **Objetivo.** Analizar los impactos ambientales generados por la agroindustria panelera en la Provincia de Pastaza, Amazonía Ecuatoriana, específico en la central panelera Teniente Hugo Ortiz. **Metodología.** Se aplicó la matriz de causa-efecto de Leopold como herramienta metodológica, para la identificación de las actividades del proceso productivo y se evaluó su impacto en los componentes ambientales. **Resultados.** Se determinó 41 impactos evaluados, los aspectos positivos representan el 14,63%, mientras que los negativos alcanzan el 85,37%. Las etapas de corte de caña, molienda y limpieza de instalaciones presentan el mayor impacto negativo (20%). En términos de Unidades de Impacto Ambiental (UIA), se evaluaron 2190, de las cuales el 10,50% son positivas y el 89,50% son negativas. Los procesos de corte (25,51%), molienda (25,51%) y limpieza de instalaciones (19,90%) generan las mayores UIA negativas. **Conclusión.** Se concluye que la falta de una política clara de gestión ambiental y el desconocimiento de métodos de tratamiento de residuos contribuyentes a la generación de contaminación ambiental en los diferentes procesos productivos. Se recomienda cambiar de tecnología y tratar los efluentes para mejorar los ingresos económicos y la calidad de vida de la población circundante. **Área de la ciencia:** ciencias agropecuarias, medioambiente.

**Abstract**

**Introduction:** Sugarcane cultivation and processing are crucial factors that drive the rural economy in Pastaza Province. Rudimentary technology and panela production methods lead to environmental impacts that must be evaluated, identified, and corrected. **Objective:** To analyze the environmental impacts generated by the panela agroindustry in Pastaza Province, Ecuadorian Amazon, specifically in the Teniente Hugo Ortiz panela mill. **Methodology:** The Leopold cause-effect matrix was applied as a methodological tool to identify the activities of the

---

production process and evaluate their impact on environmental components. **Results:** Forty-one impacts were evaluated, with positive aspects representing 14.63%, while negative aspects reach 85.37%. The sugarcane cutting, milling, and facility cleaning stages have the highest negative impact (20%). In terms of Environmental Impact Units (UIA), 2190 were evaluated, of which 10.50% are positive and 89.50% are negative. The cutting (25.51%), milling (25.51%), and facility cleaning (19.90%) processes generate the highest negative UIAs. **Conclusion:** It is concluded that the lack of a clear environmental management policy and the lack of knowledge of waste treatment methods contribute to the generation of environmental pollution in the different production processes. It is recommended to change technology and treat effluents to improve economic income and the quality of life of the surrounding population.

---

## Introducción

La producción mundial de caña de azúcar alcanza los 1900 millones de toneladas anuales en un área de 27 millones de hectáreas, con mayor concentración en América (50,7%), seguido de Asia (40,9%), África (5,9%) y Oceanía (2,5%) (Lagos-Burbano & Castro-Rincón, 2019). Se cultiva en regiones tropicales y subtropicales, y es vital tanto para la producción de alimentos como de bioenergía por su alta producción de biomasa por área (González et al., 2024), y se cosecha de manera mecanizada, y también manualmente (Aguilar-Pardo et al., 2016). En 2012, se producía caña de azúcar en más de 100 países (Silalertruksa & Gheewala, 2018), y su cultivo tiene un impacto significativo en los ecosistemas, principalmente a través de la deforestación y las quemaduras durante la cosecha (Semie et al., 2019).

La agroindustria derivada del cultivo de caña de azúcar incluye la producción de Azúcar de caña no centrífuga (NCS), un edulcorante tradicional mínimamente procesado reconocido por la FAO (Velásquez et al., 2019). El NCS es un producto sólido y sin refinar, con un sabor y aroma únicos, obtenido mediante la extracción mecánica de los jugos de caña y la posterior evaporación del agua hasta alcanzar 88-94 °Brix (Alarcón et al., 2020). Su composición incluye principalmente sacarosa (65-85%), azúcares reductores (7-15%) y agua (3-10%) (García et al., 2017), además de compuestos fenólicos con actividad antioxidante (Zhu et al., 2020). Este edulcorante es principalmente utilizado

en Asia, África, América Latina y el Caribe, valorado por su sabor característico y valor nutricional (Velásquez et al., 2019).

De los 25 países del mundo productores de panela, la India es el principal productor, y Colombia es el segundo, quienes participan con el 60,8% de la producción mundial y con el 14,2% respectivamente (Tobón, 2018). Otros países productores en América Latina incluyen Brasil, México, Ecuador y Guatemala, entre otros (Murcia, 2012).

En Ecuador, las principales zonas productoras de caña de azúcar son las provincias de Guayas, Manabí, Cañar, Los Ríos, Imbabura, Azuay, Bolívar y Loja. La Cuenca del Río Guayas es la zona de mayor producción con el 92% del área, con 72.000 ha, distribuidas con el 60% (43.200 ha) perteneciente a productores de caña de azúcar y el 40% (28.800 ha) a ingenios azucareros (Peñarrieta & Sánchez, 2015). En la provincia de Pastaza, la producción de caña de azúcar es de 862.05 ha que son destinadas a la producción de NCS (González et al., 2019).

En Pastaza, existe 10 fábricas mejoradas tecnológicamente para la producción de panela, que han recibido asistencia técnica desde 1987 para mejorar la producción y calidad (González, 2013). Sin embargo, actualmente existen pequeños molinos tradicionales que utilizan tecnologías rudimentarias. La actividad panelera y azucarera genera subproductos que pueden ser contaminantes si no se gestionan adecuadamente, como las aguas residuales que llevan cargas orgánicas e inorgánicas como producto de la limpieza de la planta y materiales, que pueden ser contaminantes de los cuerpos de agua si no reciben tratamiento adecuado. El mosto o vinazas son productos viscosos con 4 a 10 °Brix, que a temperaturas y concentraciones altas son muy corrosivas, y la cachaza, que son residuos de la industria del azúcar (Lagos-Burbano & Castro-Rincón, 2019).

Al evaluar los problemas ambientales se pueden identificar y distinguir los aspectos ambientales normales y significativos, siendo estos últimos los que causan el mayor impacto ambiental. Se deben identificar los productos y servicios que pueden provocar cambios en el medio ambiente. Los principales aspectos ambientales que se deben identificar para determinar los posibles efectos ambientales y qué tan altas son las prioridades (Vélez et al., 2021). La evaluación de impacto ambiental es una herramienta de protección ambiental que, con el apoyo de un marco institucional que satisface las necesidades de diversos países, facilita el proceso de toma de decisiones a nivel de políticas, planes, programas y proyectos de acuerdo con nuevos factores y variables a considerar en el análisis global (De la Masa, 2007).

En las centrales paneleras de Ecuador, la falta de una política de gestión ambiental específica ha llevado a un aumento en los impactos ambientales. Estas centrales, ya sean artesanales o agroindustriales, deben cumplir con la normativa ambiental vigente. La Constitución de la República del Ecuador del 2008 reconoce el medio ambiente como un

derecho y un deber individual y colectivo. Por lo tanto, es fundamental aplicar medidas para mantener la calidad ambiental y corregir los daños existentes. En este contexto, se propone una evaluación ambiental utilizando la matriz de Leopold, con el objetivo de identificar los impactos generados por la actividad agroindustrial y recomendar alternativas tecnológicas sostenibles que apoyen el desarrollo socio ambiental.

## Metodología

### A. Descripción del entorno en estudio

Actualmente, la Asociación de Cañicultores de la provincia de Pastaza posee una infraestructura renovada en la central panelera de la parroquia Teniente Hugo Ortiz, pero continúan con el uso del mismo sistema y tecnología similar a la tradicional. La infraestructura de obra civil de la planta fue renovada completamente. La planta está ubicada en un lugar céntrico de la parroquia, donde se concentra la mayoría de los socios y productores de caña de azúcar. Esta central panelera ofrece servicios a clientes internos y externos a la asociación, que se estableció legalmente en el año 2000. La planta produce panela granulada y en bloque.

En cada jornada de trabajo, hay tres trabajadores de planta y cuatro ayudantes. La fábrica de panela se ubica en el kilómetro 18 de la vía Puyo-Tena, que pertenece a la parroquia Teniente Hugo Ortiz. El edificio tiene servicio de energía eléctrica y recibe agua de la lluvia del techo de las edificaciones en una cisterna. La planta no tiene alcantarillado, por lo que tiene un pozo séptico para recolectar las aguas servidas y no del área de procesamiento, que son descargadas al medio ambiente sin tratamiento.

### B. Aplicación metodológica de la matriz de causa efecto de Leopold

La metodología utilizada es un factor clave para predecir si la producción de panela tendrá un impacto (positivo o negativo) en los factores ambientales de las operaciones del proceso. El análisis y las actividades del proyecto están organizados en una matriz en orden cronológico. Los factores ambientales incluidos en la matriz corresponden a componentes naturales y antropogénicos (Coria, 2008).

El diagnóstico de los impactos ambientales que se generan en la producción artesanal de panela se realizó mediante la metodología de Ordoñez-Díaz & Rueda-Quiñónez (2017), quienes indican en su estudio que la matriz de causa-efecto denominada matriz de Leopold, es una herramienta de lista de chequeo bidimensional: en la una se muestran las características individuales de un proyecto (actividades y elementos de impacto), mientras que en la segunda se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto (tabla 1-2).

**Tabla 1**

*Escala de valoración de la matriz de Leopold por componente ambiental*

CALIFICACIÓN DEL COMPONENTE AMBIENTAL		
	COMPONENTE AMBIENTAL	peso
1	Suelos	10
2	Agua superficial	10
3	Inundaciones estacionales	10
4	Sedimentación	10
5	Manglares	10
6	Vegetación natural	5
7	Fauna terrestre	4
8	Fauna acuática	10
9	Cadenas Alimenticias (relaciones ecológicas)	10
10	Agricultura (uso de suelo)	10
11	Empleo (Componente social)	10
12	Mejoramiento de la calidad de vida (componente social)	10

**Fuente:** Monar et al. (2017)

Factores determinantes y dispuestos en la normatividad (ISO 14001: 2015) para determinar la importancia de los impactos (Vélez et al., 2021):

- Uso de agua, energía, productos químicos y materias primas.
- Lugar de almacenamiento de productos.
- Lugar de vertido de agua.
- Emisiones al aire.
- Lugar de vertido en el suelo.
- Materiales peligrosos.
- Situaciones fuera de lo normal

El método de evaluación de impacto ambiental consta de varias fases, que se resumen a continuación: identificación de las actividades de producción de planta, determinación del impacto de cada actividad, determinación del alcance del impacto, previsión, evaluación del impacto ambiental, investigación y evaluación de diversas alternativas en relación con ellos gestión y mitigación y los criterios de evaluación que se describen en la tabla 2 (González & Zúñiga, 2023).

**Tabla 2**

Escala de Valoración de la Matriz de Leopold para la magnitud ambiental

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN DE LA MAGNITUD E IMPORTANCIA				
Intensidad	Magnitud	Importancia		Calificaciones
	afectación	Duración	Influencia	
Limitado	Baja	Temporal	Puntual	1
	Media	Media	Puntual	2
	Alta	Permanente	Puntual	3
Reducido	Baja	Temporal	Local	4
	Media	Media	Local	5
	Alta	Permanente	Local	6
Evidente	Baja	Temporal	Regional	7
	Media	Media	Regional	8
	Alta	Permanente	Regional	9
Considerable	Muy alta	Permanente	Nacional	10

**Nota:** **Impactos negativos:** magnitud (-) e Importancia (+); **Impactos positivos:** magnitud (+) e importancia (+). **Fuente:** Monar et al. (2017) y Ordoñez-Díaz & Rueda-Quiñónez (2017)

## Resultados

### C. Procesos productivos

En el sector panelero en Ecuador y en Pastaza se denotó la carencia de conocimiento científico-técnico. La producción panelera es considerada como una producción artesanal y no industrial, debido fundamentalmente a que la elaboración de panela lo realizan en fábricas pequeñas conocidas como trapiches (Valle et al., 2021). Por el tipo de tecnología tradicional que se utilizan en la producción panelera, es necesario realizar un diagnóstico general de los impactos ambientales y la gestión de los residuos paneleros.

La planta tiene una instalación donde se produce principalmente panela en bloques y granulada para el consumo de los socios y parte de ella se envía al mercado. El cultivo de caña de azúcar se conoce como perenne y tiene dos cosechas al año en la provincia de Pastaza-Amazonía Ecuatoriana. Para cada cosecha, la planta trabaja durante dos meses cada ciclo y 14 horas diarias en jornada completa.

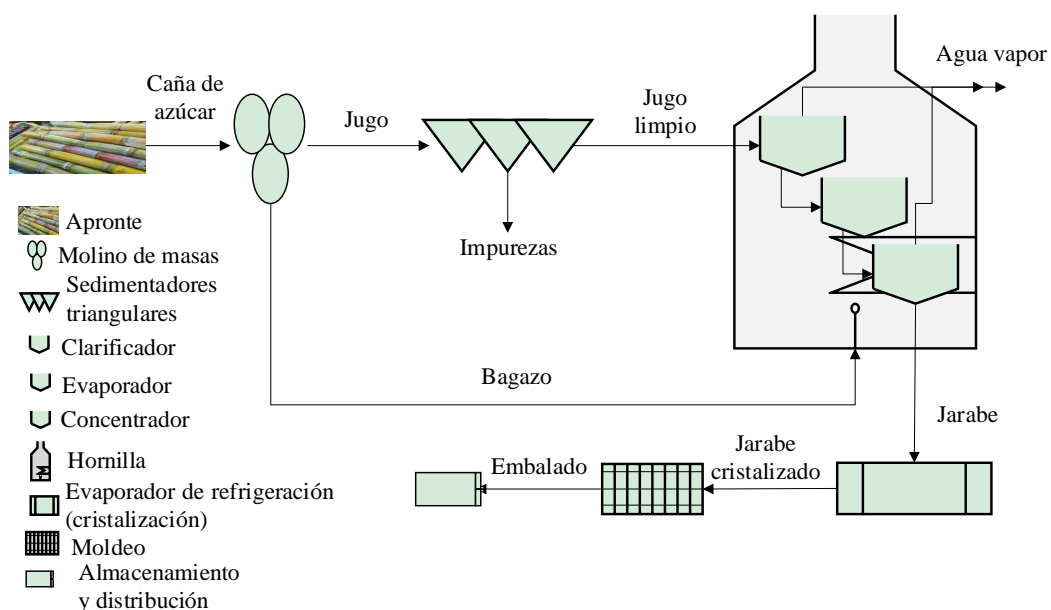
Procesos:

- Corte de la caña depende de la madurez (18–22°Brix), variedad, condiciones climáticas y nivel altitudinal (Mosquera et al., 2007).
- Apronte es un factor fundamental para el rendimiento y calidad de la panela.
- Extracción de zumos mediante un proceso de molienda (50 – 60%).

- Limpieza retiro de impurezas no nutricional por medios físicos (decantación y flotación) en prelimpiadores de fondo cónico (Osorio, 2007).
- Clarificación eliminación de sólidos en suspensión (bagacillo, hojas, tierra), sustancias coloides y algunos colorantes presentes en el jugo, mediante la adición floculantes naturales y sedimentación 60 - 70°C (cachaza negra) y 75 - 85 °C (cachaza blanca) (Mosquera et al., 2007).
- Evaporación de agua y concentración de jugo con el propósito de obtener el jarabe, donde se obtiene la energía térmica en el horno; la concentración de azúcar aumenta de  $22 \pm 2$  °Brix a  $60 \pm 10$  ° Brix (96°C). Finalmente, la etapa de concentración evapora el agua a una concentración de  $92 \pm 4$  °Brix para obtener en panela en bloques (Velásquez et al., 2019).
- El jarabe se cristaliza por agitación mecánica a temperaturas entre 115 y 120 ° C y moldeado a la forma sólida (Velásquez et al., 2019).
- Moldeo es un proceso de agitación vigorosa manualmente en bandejas de acero inoxidable con cédula 304 por tiempo de 4 – 5 minutos (Mosquera et al., 2007).
- Embalado 20 – 24 kg, la panela seca y fría, se extrae de los moldes, se envasa en bolsas plásticas para su transportación y su almacenaje.

**Figura 1**

*Diagrama de producción panelera o NCS*



#### D. Componentes de la planta procesadora panelera

##### Equipos y maquinarias

- Molino de masas con motor eléctrico 220 V, 4 Hp.



- 6 tinas de acero inoxidable de 280 L
- 2 sedimentadores triangulares
- Hornilla quema de bagazo y leña
- 3 tachos de plástico 20 L
- 3 palas de hierro
- 2 carretas
- 156 sacos de plásticos capacidad 45 kg
- 1000 fundas de polietileno empacado de panela granulada

#### *Materias primas empleadas*

- Caña de azúcar
- Hidróxido de calcio
- Balzo coagulante natural
- Aceite vegetal.

#### *Consumo de energía*

18,4 KW/h por día

#### *Consumo de agua*

200 L/día

#### *E. Gestión de residuos agroindustriales*

##### *Vertimiento de residuales*

Los residuales que se vierten a la atmosfera son sólidos y líquidos, entre los sólidos está el bagazo como subproducto de la extracción del jugo, se conoce que por cada tonelada de caña de azúcar que ingresa al sistema es aprovechado solo entre el 50 - 60% en el mejor de los casos y el resto es bagazo; material particulado como ceniza y hollín que se producen en la hornilla o cámara de combustión. Entre los residuales líquidos se encuentra la cachaza negra y blanca, y el agua como producto del lavado de las tinas y utensilios que intervienen en el proceso de fabricación de panela.

##### *Emisiones*

Las emisiones que se generan principalmente son de las hornillas, como: dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno N<sub>2</sub>O, vapor de agua, hollín, cenizas, etc., y en el proceso de condensación y evaporación son vapores de agua.

### *Residuos sólidos*

Entre los residuos sólidos se tienen el bagazo como subproducto de la extracción en el proceso de la molienda de caña de azúcar, residuos de tierra, arena, piedrecillas y de tejido vegetal en los procesos de sedimentación y pre-limpieza de los jugos, ceniza como producto de la combustión de maderos y bagazo alimentado en las hornillas de la central panelera.

#### *F. Valoración cualitativa y cuantitativa de los impactos*

Identificación de los impactos cualitativos en los diferentes procesos de fabricación de panela.

*Corte de la caña.* - los cañicultores de la parroquia teniente Hugo Ortiz cosechan únicamente las cañas que están en una madurez óptima, la madurez es identificada en función de las características fenológicas físicas de la planta de caña. Este proceso genera un impacto negativo al ambiente, debido a la alteración de la composición edafológica o estructura del suelo, modificando las condiciones micro atmosféricas, porque todo las hojas y cogollos se dejan en el lugar de corte, limitando la edafotranspiración, encharcamientos, descomposición muy lenta de la materia orgánica, se tiene una descomposición no controlada para la obtención de subproductos y la disminución de la conversión de CO<sub>2</sub> a O<sub>2</sub>.

*Proceso de apronte.* – en este proceso no se genera contaminación ambiental, debido a que es la recolección de la caña cortada y su transporte hasta el trapique y su almacenamiento que es aproximadamente de 24 horas y máximo 48 horas las cuales transcurren a partir del proceso de corte hasta el proceso de extracción (tabla 3).

*Proceso de molienda o extracción de jugos.* - genera alteraciones medioambientales por diferentes factores: el funcionamiento del molino genera niveles altos de ruido en el lugar, por ser el motor eléctrico no genera gases de contaminación, pero si se genera bagazo como subproducto de la extracción, que son almacenados durante 15 – 20 días para que se seque y se usa posteriormente en las hornillas.

*Procesos de pre limpiador y clarificador de los jugos.* - los desechos orgánicos resultantes de pre-limpieza y de clarificación frecuentemente son arrojados a cielo abierto o en fuentes de aguas cercanas convirtiéndose en focos potenciales de contaminación, alterando los ecosistemas aledaños.

*Proceso de evaporación y concentrado de los jugos.* - producen la contaminación del medio ambiente por vapor de agua calentado, en estas etapas se evapora el 84% de agua y el 16% es de mieles, generando grandes cantidades de energía calórica que es disipada

en el medioambiente, alcanzando el 40 % de pérdidas, en si altera los microclimas del entorno.

*Procesos de batido, enfriamiento, moldeo y almacenamiento.* - el área de batido y enfriamiento produce contaminación al entorno por el sobre calentamiento del medio circundante, y se puede convertir en un foco importante de contaminación por los residuos de mieles. Las mieles son trasladadas a moldes de madera en los cuales se llevó a cabo la solidificación y por lo tanto la obtención del producto final, en este proceso se genera contaminación de residuos de madera y plásticos.

*Impactos que generan la limpieza de la planta y los materiales que se usan en los procesos.* - esta actividad implica el uso de grandes volúmenes de agua que a su vez se contaminan por detergentes y jabones, que se mezclan con las cargas orgánicas en cada etapa de procesamiento, estos son vertidos en terrenos cercanos a cielo abierto y contamina los cuerpos de agua alterando los ecosistemas terrestres y acuáticos.

**Tabla 3**

*Aplicación de la matriz de Leopold para la evaluación de los impactos ambientales en la producción panelera*

Impactos ambientales	Actividades	generación de empleo	Alteración de la composición atmosférica	Niveles de ruido	Generación de subproductos como residuos	Propagación de focos de contaminación	Alteración de la calidad de agua	Contaminación del suelo	Modificación de los microclimas	Suma I. Positivos	Suma I. Negativos	Suma Total de impactos
Corte	10 6	-10 8	-10 3	-10 8	-10 7	-10 7	-10 9	-10 8	1	7	8	
Apronte	10 2	0 1	0 1	0 1	-10 2	0 1	0 1	0 1	1	1	2	
Molienda	10 6	-10 4	-10 9	-10 8	-10 8	-10 7	-10 7	-10 7	1	7	8	
Prelimpieza y clarificación de jugos	0 5	-10 3	0 1	-10 4	-10 4	-10 3	-10 2	0 1	0	5	5	
Evaporación, concentración y punteo	10 2	-10 9	-10 6	-10 7	0 1	-10 3	0 1	0 1	1	4	5	
Moldeo, empaçado y almacenamiento	10 5	-10 4	0 1	-10 5	-10 3	-10 2	0 1	0 1	1	4	5	
Limpieza de las instalaciones	10 2	-10 3	-10 4	-10 7	-10 4	-10 8	-10 6	-10 7	1	7	8	
Suma de Impactos positivos	6	0	0	0	0	0	0	0	6			
Suma de impactos negativos	0	6	4	6	6	6	4	3		3	5	
Suma total de impactos	6	6	4	6	6	6	4	3				41

Este método fue aplicado para la categorización de los impactos ambientales causados por los procesos en la fabricación de panela en las centrales paneleras de la agroindustria rural de la Amazonía Ecuatoriana, denotando que las filas son las actividades que generan el impacto ambiental, y las columnas son los aspectos ambientales en el que se produce el impacto (tabla 3).

**Tabla 4**

*Matriz de causa - efecto valores esperados de la evaluación de los impactos ambientales en la producción de panela*

Impactos ambientales Actividades	Impactos ambientales									Suma Total de impactos	
	generación de empleo	Alteración de la composición atmosférica	Niveles de ruido	Generación de subproductos como residuos	Propagación de focos de contaminación	Alteración de la calidad de agua	Contaminación del suelo	Modificación de los microclimas	Suma I. Positivos		Suma I. Negativos
Corte	60	-80	-30	-80	-70	-70	-90	-80	60	500	560
Apronte	20	0	0	0	-20	0	0	0	20	20	40
Molienda	60	-40	-90	-80	-80	-70	-70	-70	60	500	560
Prelimpieza y clarificación de jugos	0	-30	0	-40	-40	-30	-20	0	0	160	160
Evaporación, concentración y punteo	20	-90	-60	-70	0	-30	0	0	20	250	270
Moldeo, empaado y almacenamiento	50	-40	0	-50	-30	-20	0	0	50	140	190
Limpieza de las instalaciones	20	-30	-40	-70	-40	-80	-60	-70	20	390	410
Suma de Impactos positivos	230	0	0	0	0	0	0	0	230		
Suma de impactos negativos	0	310	220	390	280	300	240	220		1960	
Suma total de impactos	230	310	220	390	280	300	240	220			2190

En la tabla 4 se muestra el resultado de multiplicar componentes ambientales por las magnitudes ambientales, se generan valores esperados de los impactos ambientales en la producción panelera de la parroquia Teniente Hugo Ortiz de la provincia de Pastaza.

**Tabla 5**
*Resumen del número y de unidades de impacto ambiental (UIA)*

Procesos o actividades	Número de impactos ambientales						Unidades de impactos ambientales					
	Positivo		Negativo		General		Positivo		Negativo		General	
	Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%	Nro.	%
Corte	1	16,7	7	20	8	19,5	60	26,1	500	25,5	560	25,6
Apronte	1	16,7	1	2,86	2	4,88	20	8,7	20	1,02	40	1,83
Molienda	1	16,7	7	20	8	19,5	60	26,1	500	25,5	560	25,6
Prelimpieza y clarificación de jugos	0	0	5	14,3	5	12,2	0	0	160	8,16	160	7,31
Evaporación, concentración y punteo	1	16,7	4	11,4	5	12,2	20	8,7	250	12,8	270	12,3
Moldeo, empaclado y almacenamiento	1	16,7	4	11,4	5	12,2	50	21,7	140	7,14	190	8,68
Limpieza de las instalaciones	1	16,7	7	20	8	19,5	20	8,7	390	19,9	410	18,7
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100</b>	<b>35</b>	<b>100</b>	<b>41</b>	<b>100</b>	<b>230</b>	<b>100</b>	<b>1960</b>	<b>100</b>	<b>2190</b>	<b>100</b>

En la tabla 5, se reportan los resultados totales de número de impactos ambientales evaluados fueron 41, de los cuales los aspectos positivos son 6 que equivale al 14,63%, mientras que los aspectos negativos son 35 equivalente al 85,37%. Los aspectos positivos tienen el mismo valor para todas las etapas de proceso siendo del 16,67%, mientras que los aspectos negativos son diferentes en las etapas de proceso de fabricación de panela, presentándose el mayor impacto ambiental en las etapas de apronte, molienda y limpieza de las instalaciones con el 20%.

El número de Unidades de Impactos Ambientales (UIA) evaluados en el proyecto o central panelera fueron 2190, de las cuales, positivas son 230 (10,50%) y negativas 1960 (89,50%). Presentándose las mayores UIA negativas en los procesos de corte (25,51%), molienda (25,51%) y limpieza de las instalaciones (19,90%) como se muestran en la tabla 5.

### Discusión

En el análisis de la tabla 5, que se centra en el proceso de corte de caña, se observan coincidencias con los hallazgos de Ordoñez-Díaz & Rueda-Quinónez (2017). Estos autores señalan que esta actividad genera tanto impactos positivos como negativos. Entre los aspectos positivos, destaca la generación de empleo. Sin embargo, también se producen impactos negativos, como la alteración de los componentes atmosféricos.

Esta alteración se debe a la disminución de los niveles de oxígeno producido y dióxido de carbono captado por las plantas a través de la fotosíntesis como consecuencia del corte.

Es importante destacar que este análisis se limita a las actividades posteriores al corte de la caña, excluyendo su cultivo. Por lo tanto, los impactos asociados a esta etapa previa, como la alteración de las propiedades del suelo por el monocultivo, las modificaciones en la calidad del aire y la reducción de la disponibilidad de agua, no serán considerados en este diagnóstico.

Las hornillas emiten material particulado y volátil (hollín y cenizas), vapores y gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, etc.) que contaminan el aire, contribuyen al calentamiento global y la lluvia ácida. Las partículas de carbón y ceniza dañan el agua, el suelo, la flora y la fauna, y causan enfermedades respiratorias y oculares. Las partículas de bagazo provocan neumonitis por hipersensibilidad, un grupo de enfermedades respiratorias (Montilla et al., 2017). La generación de material particulado es un factor importante para considerar como problema ambiental de esta actividad que incide directamente al aire; la utilización de leña y el bagazo de caña de azúcar para la combustión en las hornillas artesanales reducen la calidad del aire (González & Zúñiga, 2023).

Los cuerpos de agua son contaminados por el almacenamiento inadecuado de los combustibles fósiles, aceites de lubricación, y mala disposición de los desechos sólidos de procesos, es decir no cuenta un plan de gestión de desechos. Esta carencia de conocimiento se deba probablemente, a que no reciben capacitaciones de sensibilización ambiental en las comunidades o parroquias rurales donde se desarrolla la agroindustria artesanal por parte de los organismos de gobierno.

En esta investigación, se observaron impactos negativos similares a los encontrados por González & Zúñiga (2023). Estos autores señalan que la erosión del suelo se produce por el lavado de equipos, la eliminación de la cachaza y el vertido de aguas residuales del proceso.

En este estudio, se comparan los resultados del proceso de lavado con los obtenidos por Ordoñez-Díaz & Rueda-Quiñónez (2017). Estos autores señalan que esta actividad genera empleo, ya que requiere de personal para realizar tareas específicas como aparcar y distribuir agua, restregar y enjuagar pisos, paredes, equipos e instrumentos.

Sin embargo, el método de limpieza actual presenta serios problemas ambientales. El uso de grandes cantidades de agua, que luego se contaminan con jabón y residuos orgánicos ricos en sacarosa, no recibe un tratamiento adecuado. Estas aguas contaminadas son vertidas directamente al medio ambiente sin ningún tipo de precaución.

Esta práctica inadecuada de manejo de residuos provoca que se evaporen de forma natural y escurran hacia los cuerpos de agua cercanos. Esto altera significativamente la calidad

del agua disponible para la comunidad, generando un impacto negativo en su salud y bienestar.

Estos impactos se consideran moderados debido a la falta de sistemas adecuados para el manejo del agua y los residuos en las paneleras. Como consecuencia, el agua y la cachaza fluyen sin control hacia las zonas más bajas del terreno.

Como impacto positivo de la actividad de producción panelera es la generación de empleo, en las diferentes áreas de procesamiento desde el corte de la caña hasta el embalado, almacenamiento y distribución del producto.

#### *A. Propuesta para el tratamiento de efluentes.*

En la actualidad, los tratamientos de los efluentes son de vital importancia, no solo por las exigencias de las normas nacionales e internacionales, sino por nosotros mismos y el sentir ambiental y el cambio climático que estamos viviendo, los efluentes no tratados se convierten en un ente contaminante del medio ambiente, se conoce que cualquier modificación de las condiciones por pequeña que sea está causará graves daños ecológicos, modificando los microclimas de los ecosistemas terrestre y acuáticos.

El agua con residual de la limpieza de los materiales, equipos, tinas y de la infraestructura de la planta se evidenció que es una fuente de contaminación importante, que se debería dar un tratamiento a las aguas para su descarga al medioambiente; el tratamiento sería: preprimario (retención de partículas de gran tamaño), primario (biológico), secundario (químico). Y los efluentes sólidos deben ser aprovechados en procesos de compostaje y elaboración de balanceados para alimentación de animales.

#### *Aprovechamiento de los residuales para valor agregado.*

La producción de panela genera residuos en la mayoría de sus etapas. Estos residuos, con alto contenido de materia orgánica, pueden ser utilizados como materia prima en diversos procesos biotecnológicos, como alternativas de descontaminación y en el proceso de compostaje. En este último, se aprovechan los residuos celulósicos, lignocelulósicos y hemicelulosa, junto con ciertos componentes ácidos grasos volátiles y carbohidratos no estructurales, para su descomposición.

Además, estos residuos pueden emplearse en la elaboración de balanceados para alimentación animal, ya que son ricos en fibras y carbohidratos no estructurales. Estos balanceados pueden ser fortificados con la inoculación de ciertos microorganismos para aumentar su contenido de proteína o mezclarse con otros componentes en su matriz.

Se recomienda que las centrales paneleras del sector cambien de tecnología y traten sus efluentes para mejorar los ingresos económicos y los niveles de vida de la población circundante.

### *Optimización del uso del agua y energía.*

Para la optimización de los recursos agua y energía se requiere que las centrales paneleras migren de tecnología, de recipientes abiertos a recipientes cerrados con el componente principal de que el calor generado en los evaporadores y concentradores sean recirculado para la calefacción de precalentamiento de otros procesos y finalmente puedan ser enviados a los condensadores para la obtención de agua limpia libre de microorganismos, que será usada para diferentes fines como para el consumo humano y limpieza de la planta procesadora.

### **Conclusiones**

- La central panelera no tiene una política clara de la gestión ambiental, por el desconocimiento los métodos de tratamiento y gestión de los residuos de proceso. De los resultados de la matriz de Leopold de impactos ambientales, se enfatiza en los de mayores impactos negativos, como: en los procesos de corte (25,51%), molienda (25,51%) y limpieza de las instalaciones (19,90%), los cuales genera contaminación medioambiental, en las diferentes etapas de proceso.
- Con la matriz de Leopold se determinó aquellos procesos que generan impactos positivos, como la generación de empleo, en los procesos de corte (26,09%), molienda (26,09%) y Moldeo, empaclado y almacenamiento (21,74%), son impactos que ayudan al desarrollo socioeconómico de la población rural de la parroquia Teniente Hugo Ortiz de la provincia de Pastaza.

### **Conflicto de intereses**

Los autores expresan que no hay conflictos de interés en el manuscrito presentado.

### *Referencias Bibliográficas*

- Aguilar-Pardo, A., Pérez-Hernández, J. A. & Aguilar-Estrada, D. (2016). Nuevos paradigmas en la cosecha de la caña para el uso sustentable de toda la biomasa en las bioeléctricas. Parte I. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(3), 3-8. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223152661001.pdf>
- Alarcón, A. L., Orjuela, A., Narváez, P. C. & Camacho, E. C. (2020). Thermal and rheological properties of juices and syrups during non-centrifugal sugar cane (jaggery) production. *Food and Bioproducts Processing*, 121, 76–90. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.01.016>
- Coria, I. D. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías. *Invenio*, 11(20), 125-135. <https://www.redalyc.org/pdf/877/87702010.pdf>



- De la Masa, C. L. (2007). *En manejo y conservación de recursos forestales*. Editorial Universitaria.  
[https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120397/Evaluacion\\_de\\_Impactos\\_Ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120397/Evaluacion_de_Impactos_Ambientales.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- García, J. M., Narváez, P. C., Heredia, F. J., Orjuela, Á., Osorio, C. (2017). Physicochemical and sensory (aroma and color) characterization of a non-centrifugal cane sugar (“panela”) beverage. *Food Chemistry*, 228, 7–13. <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.01.134>
- González Campaña, P. J., & Zúñiga Cabrera, D. C. (2023). Impactos ambientales en la producción de panela en la parroquia de Pacto del Distrito Metropolitano de Quito. *Esferas*, 3, 94–111. <https://doi.org/10.18272/esferas.v3i1.2430>
- González Rivera, J. E. (2013). Elaboración de un estudio para el mejoramiento industrial y socioeconómico en la central panelera de la parroquia Teniente Hugo Ortiz, de la asociación de cañicultores de la provincia de Pastaza [Tesis de postgrado, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador].  
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8556/1/MAI%2003.pdf>
- González, V., Bravo, C., Romero, M., Andrade - Yucailla, S., Andino, M., Valle, A., Hidalgo - Guerrero, I., & Andrade - Yucailla, V. (2019). Evaluación de la calidad de los suelos en cultivares de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en la parroquia Fátima provincia de Pastaza. *Ciencia y Tecnología*, 12(2), 15–22. <https://doi.org/10.18779/cyt.v12i2.322>
- González, V., Jaque, D., Salazar-Álvarez, E., Andrade-Yucailla, V., Hidalgo-Guerrero, I. & Saltos-Espín, R., (2024). Physicochemical characteristics of the soil in *saccharum officinarum* L. (sugar cane) cultivation in the province of Pastaza, Ecuadorian Amazon. *Chelonian Research Foundation*, 19(01), 772–787. <https://www.acgpublishing.com/index.php/CCB/article/view/831>
- Lagos-Burbano, E. & Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3), 917-934, <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>
- Monar, N., González, M., Fierro, S., González, V. & Cruz, E. (2017). *Valoración económica de los bienes y servicios ambientales de la microcuenca del río Illangama de la subcuenca del río Chimbo, provincia de Bolívar*. Editorial Universidad Estatal de Bolívar.  
<https://editorial.ueb.edu.ec/index.php/EDITORIAL/catalog/book/19>

- Montilla Salcedo, M. T., Morillo Paredes, G. A., Ramírez Linares, P. G. & Alizo Theodorou, S. A. (2017). Impacto ambiental del Central Azucarero Trujillo, S.A en la población del Municipio Motatán, Estado Trujillo. *Sapienza Organizacional*, 5(9), 128-158, <https://www.redalyc.org/journal/5530/553056570007/html/>
- Mosquera, S. A., Carrera, J. & Villada, H. (2007). Variables que afectan la calidad de la panela procesada en el departamento del Cauca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 5(1), 21-24. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/645>
- Murcia, M. (2012). Análisis del impacto ambiental y del desarrollo humano y social, producto del procesamiento de la caña panelera en las Veredas Salen, Ídolos y Betania del municipio de Isnos departamento del Huila [Tesis de maestría, Universidad de Manizales, Colombia]. [http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/372/402\\_Murcia\\_Soto\\_Mauricio\\_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/372/402_Murcia_Soto_Mauricio_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ordoñez-Díaz, M. M. & Rueda-Quiñónez, L.V. (2017). Evaluación de los impactos socioambientales asociados a la producción de panela en Santander (Colombia). *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 379-396. [http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18\\_num2\\_art:637](http://dx.doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:637)
- Osorio, G. (2007). *Manual técnico: buenas prácticas agrícolas y buenas prácticas de manufactura en la producción de caña y panela, 1ra edición*. Editorial Corporación colombiana de investigación agropecuaria – AGROSAVIA, MANA, FAO. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18313>
- Peñarrieta, F. & Sánchez, A. (2015). *Incidencia de las actividades productivas de la panela de caña de azúcar en la calidad ambiental del entorno* [Tesis de pregrado, ESPAM- MFL Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Manabí – Ecuador]. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/196/1/TMA63.pdf>
- Semie, T. K., Silalertruksa, T., & Gheewala, S. H. (2019). The impact of sugarcane production on biodiversity related to land use change in Ethiopia. *Global Ecology and Conservation*, 18, e00650. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00650>
- Silalertruksa, T. & Gheewala, S. H. (2018). Land-water-energy nexus of sugarcane production in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 182, 521–528. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.085>

- Tobón Quintero, G. J. (2018). *Análisis de los cambios en el sistema de producción de panela en las Veredas Ciénaga Chiquita y bajo Mondoyal, municipio de Isnos – Huila, de 1990 a 2017* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá-Colombia].  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/38613/Tesis%20Yece%20Vega%20Tello.pdf?sequence=1>
- Valle, S. B., Yaguache, D., Caicedo, W. O., Toscano, J. F., Yucailla, D. M. & Abril, R. (2021). Socio-economic and productive characterization of sugarcane farmers in Pastaza province, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2), epub 01. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2079-34802021000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2079-34802021000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Velásquez, F., Espitia, J., Mendieta, O., Escobar, S. & Rodriguez, J. (2019). Centrifugal cane sugar processing: a review on recent advances and the influence of process variables on qualities attributes of final products. *Journal of Food Engineering*, 255, 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.03.009>
- Vélez Mejía, A., Carmona Taborda, D. & Hoyos Ramírez, V. (2021). *Aspectos ambientales asociados al proceso de producción de la industria panelera y acciones encaminadas a la producción más limpia e impactos sobre la salud humana en el sector: una revisión de la literatura en México, Brasil y Colombia entre los años 2000 a 2020* [Trabajo de pregrado, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia].  
[https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/20753/1/VelezAngie\\_CarmonaDiana\\_HoyosValentina\\_2021\\_AspectosAmbientalesPanela.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/20753/1/VelezAngie_CarmonaDiana_HoyosValentina_2021_AspectosAmbientalesPanela.pdf)
- Zhu, Z., Xie, C., Li, W., Hang, F., Li, K., Shi, C. & Doherty, W.O.S. (2020). Nutritional and antioxidant properties of non-centrifugal cane sugar derived from membrane clarified juice. *LWT Food Science and Technology*, 131.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820307064?via%3Dihub>

