



ISSN-i 1390-7042 | ISSN-e 2602-8484

---

**ANÁLISIS DE FACTORES DE RIESGO AMBIENTAL EN LA RELAVERA COMUNITARIA EL TABLÓN,  
CANTÓN PORTOVELO, PROVINCIA DE EL ORO**

---

**Analysis of environmental risk factors at El Tablón tailings dams,  
canton Portovelo, province of El Oro**

---

Alexandra Acurio Rivera  
Universidad Internacional del Ecuador  
apame23@gmail.com  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9986-4025>

Carolina del Rocío Montero Calderón  
Universidad Central del Ecuador  
cdmontero@uce.edu.ec  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3683-8628>

---

---

Recibido: septiembre de 2020  
Aprobado: diciembre de 2020  
ARTÍCULO ORIGINAL

doi: 10.29166/revfig.v1i2.2574

---

**RESUMEN**

En este trabajo se presenta el análisis de los factores de riesgo ambiental en la fase de operación de la Relavera Comunitaria El Tablón ubicada en el cantón Portovelo. Este depósito alberga los relaves de la Plantas de Beneficio del Distrito Minero Zaruma Portovelo en el cual hasta julio del 2019 se han confinado 1.626.853 m<sup>3</sup> de relaves. Se ha aplicado una metodología de investigación analítica-sintética fundamentada en la interacción causa-efecto para definir los impactos ambientales positivos o negativos en los procesos de la relavera con la aplicación de la metodología de opción binaria de incidencia y uso de matriz de doble entrada (matriz Leopold). Se concluye que en este proceso el 32,70 % son impactos positivos y el 67,3% son impactos negativos, siendo la calidad de aire y suelo los factores afectados negativamente en mayor porcentaje; mientras que el componente socioeconómico se verá beneficiado debido a la generación de empleo.

**ABSTRACT**

The present research work presents the analysis of the environmental risk factors of Relavera Comunitaria El Tablón in the operation phase located in the Portovelo canton, a deposit that stocks the tailings of the Zaruma Portovelo Mining District Benefit Plants. The historic tailings until July 2019 express that 1'626,853 m<sup>3</sup> of tailings have been confined. The method used is an analytical-synthetic investigation based on the cause-effect interaction to define environmental impact positive or negative in the project processes, applying the binary option incidence methodology using double-entry matrices (Leopold matrix). It is concluded that 32.70% are positive impacts, and 67.3% are negative impacts. The most negatively affected factors are air and soil quality, and the social-economic component has benefited.

---

**PALABRAS CLAVE** Relavera, El Tablón, depósito de relaves, matriz de Leopold, impacto ambiental.

---

**KEYWORDS** Tailing, El Tablón, tailings deposit, Leopold, environmental impact.

---



Figura 1. Derrame de relaves

## INTRODUCCIÓN

Los cantones Zaruma, Portovelo, Atahualpa y Piñas fueron catalogados como zona minera desde el año 1992, denominándose Distrito Minero Zaruma Portovelo. La explotación inicia en la época colonial a partir del año 1549 con la fundación de la ciudad de Zaruma (Vikentyev y Banda, 2005). La extracción y beneficio de mineral aurífero se realizó con métodos rudimentarios. El surgimiento de la pequeña minería se registra cuando se funda la empresa británica Zaruma Gold Mining Company (año 1878), la cual se enfocó en exploración subterránea trabajando durante el periodo 1880-1896 (Prodeminca, 2000). Posteriormente ingresa la compañía South American Development Company (SADCO), que operó entre 1896 y 1950, con esta compañía surgió la instalación de molinos y plantas de beneficio para recuperar oro como mineral principal y plata como secundario. En 1970 opera la compañía CIMA, una vez que la producción se redujo y la empresa cerró sus operaciones, los extrabajadores empezaron a laborar de forma no regulada. Las instalaciones de SADCO quedaron relegadas y los mineros improvisaron depósitos para almacenar sus relaves, muchos de éstos se evacuaban a los recursos hídricos (Paredes, 2013).

Los relaves son lodos, efluentes y roca molida, producto de los procesos mecánicos y químicos que se realizan en una planta de procesamiento para extraer el mineral (Valderrama *et al.*, 2019). Además, el volumen de material de desecho es normalmente mayor al volumen de metal extraído, estos relaves contienen contaminantes potencialmente peligrosos, porque son mezclas de roca triturada y fluidos de procesamiento de diferentes equipos (Barcelos *et al.*, 2020). Las investigaciones *in situ* de los múltiples indicadores

indican que los efectos sinérgicos de la hidrogeología, la meteorología, la ingeniería y los factores humanos pueden prevenir desastres técnicos y ambientales en las relaveras (Glotov *et al.*, 2018)

En 2011, el Estado ecuatoriano inicia la regularización de las plantas de beneficio; para lo cual estas instalaciones requieren la licencia ambiental para operar, y que en una de sus obligaciones establece que los relaves deben ser transportados a la Relavera Comunitaria El Tablón (Sánchez, 2015).

Por los antecedentes indicados, el presente estudio analiza los impactos ambientales generados en este proceso de transporte de relaves.

## METODOLOGÍA

Para este trabajo, se recopilaron y analizaron los resultados de los monitoreos del año 2019 de caracterización de relaves, agua, aire, ruido, suelo, efectuados por laboratorios acreditados; además de reportes de humedad, y observación *in situ*. Con esta información se aplicaron los lineamientos de la Matriz de Leopold para la evaluación de impactos ambientales (Acurio, 2020), ya que ha demostrado ser una herramienta para toma de decisiones que incluye multicriterios (Sobczyk *et al.*, 2017).

## DISPOSICIÓN DE RELAVES

La Relavera Comunitaria El Tablón recibe los residuos mineros de las plantas de beneficio ubicadas en los cantones Portovelo, Zaruma, Piñas y Atahualpa. El transporte de relaves se lo realiza por medio de volquetas de 8,12 y 16 m<sup>3</sup>, los relaves ingresan a la relavera comunitaria pasando por una báscula, y registro de la procedencia del relave.

La disposición de relaves se realiza actualmente desde plataformas ubicadas en el flanco sur, el tractor

**Tabla 1.** Registro histórico relaves junio 2014- julio 2019 depositados en la relavera comunitaria

Año	Metros cúbicos	Nº de volquetas
2014	46532	4163
2015	217692	18607
2016	357656	29518
2017	333465	28082
2018	448604	37395
2019	222904	18573
Total	1626853	136338

Fuente: Prefectura de El Oro.

**Tabla 2.** Caracterización de relaves

Parámetro	Unidad	Resultado	Criterios de remediación			
			Residencial	Comercial	Industrial	Agrícola
Arsénico	mg/kg	957	12	12	12	12
Cadmio	mg/kg	25	4	10	10	2
Cobre	mg/kg	984	63	91	91	63
Plomo	mg/kg	1339	140	150	150	60
Selenio	mg/kg	9	5	10	10	2
Zinc	mg/kg	3808	200	380	360	200

Fuente: Prefectura de El Oro.

**Tabla 3.** Consistencia de relave muestreo marzo 2019

Consistencia de relave	Humedad (%)	Transporte por volquetas
Espesado	>25-35	10%
Pasta	15-25	76%
Filtrado	<15	14%

Fuente: Prefectura de El Oro.

de orugas realiza el empuje de relaves que, por gravedad, desciende hacia el interior del vaso. El acceso al interior del vaso está restringido por vía inhabilitada, el depósito desde el vaso en ascenso de cotas requiere que el contenido de humedad sea del 20% que corresponde a la humedad óptima que permite el manejo con equipos de movimiento de tierra para efectuar la compactación (Lara, 2013).

Según el registro histórico, desde junio 2014 hasta julio 2019, en la relavera comunitaria se ha depositado 1.626.853 m<sup>3</sup> de relaves (ver Tabla 1).

#### CARACTERIZACIÓN DE RELAVES

Según el Reglamento Ambiental para actividades

mineras (Ministerio de Ambiente, 2014), se prohíbe la disposición de desechos generados en plantas de beneficio tales como relaves, soluciones, aguas de procesos, químicos y otros, directamente a los cursos de agua y suelo que eviten derrame de relaves en la vía (ver Figura 1).

Se puede observar (ver Tabla 2) que los parámetros: arsénico, cadmio, cobre, plomo, selenio y zinc superan los criterios de remediación (Ministerio del Ambiente, 2015). Los valores son superiores a los reportados en estudios realizados en una relavera de la zona de Serra de Santa Cruz, Brasil (De Andrade Lima *et al.*, 2008) principalmente para metales

**Tabla 4.** Datos de campo del monitoreo de calidad de aire

Empresa	GAD Provincial de El Oro		Hora inicial	11H00			
Fecha de inicio	13 de febrero 2013		Hora final	11H00			
Fecha final	12 de febrero 2019		Presión atm	708 mmHg			
Punto de Monitoreo:		Relavera Comunitaria Sector Puente Negro					
CO	NO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	Temp.	Hora
ppm	ppm	ppm	ppm	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	°C	hh:mm
			0,001	176	51	27,4	12:00
0,59			0,007	26	41	29,9	13:00
0,65			0,001	230	107	31,6	14:00
0,62			0,011	193	79	30,5	15:00
0,68	0,021	0,012	0,003	180	25	26,4	16:00
0,62			0,005	43	2	26,6	17:00
			0,005	85	3	25,9	18:00
			0,003	27	12	24,9	19:00
			0,005	11	14	24,1	20:00
			0,001	22	13	24,4	21:00
			0,001	22	0	23,9	22:00
			0,005	8	7	23,7	23:00
			0,007	5	15	23,6	0:00
			0,003	76	12	23,3	1:00
			0,001	5	2	23,2	2:00
			0,005	90	7	23,1	3:00
			0,003	5	0	23,1	4:00
			0,003	14	12		5:00
			0,001	9	4	23,1	6:00
			0,001	22	6	23,1	7:00
			0,003	100	46	23,1	8:00
			0,003	302	107	24,9	9:00
			0,004	243	89	23,7	10:00
			0,003	106	151	24,6	11:00
<b>0,73</b>	<b>0,021</b>	<b>0,012</b>	<b>0,004</b>	<b>83</b>	<b>34</b>	<b>25,1</b>	<b>Promedio</b>

Fuente: Prefectura de El Oro.

recuperables como el Cu (87 mg/kg). Sin embargo, los relaves de la relavera El Tablón tienen menor concentración de As comparado con los relaves de la mina de oro de Barramiya, Egipto (Redwan y Bamoussa, 2019) donde se reporta concentración de 2936 mg/kg.

#### **HUMEDAD DE RELAVES**

Las mediciones de humedad de los relaves transportados por volquetas reflejan la variación de la consistencia de relave; esta consistencia se determina en función porcentaje de sólidos mientras que el contenido de agua está representado por el porcentaje de humedad (Lara, 2013). La tabla 3 presenta el porcentaje de volquetas que transportan el relave según la consistencia (ver Tabla 3).

El factor principal en el comportamiento de depósito de relaves es el contenido de humedad (Salas Moscoso, 2019), además, está comprobado que cuando el grado de saturación supera el 85% implica menor estabilidad geotécnica en el almacenamiento de relaves (Rodríguez y Oldecop, 2011). Cuando se compara mediante el Análisis de Ciclo de Vida, el espesado con otras opciones de consistencia de relaves se reflejan ventajas (Alvarez Cabal *et al.*, 2013): menor uso de materiales para las presas, se evade el riesgo de licuefacción, aumento de estabilidad sísmica, reducción de pérdidas de agua por infiltración.

#### **CALIDAD DE AIRE**

En la tabla 4 se muestran los resultados para el punto de monitoreo denominado Puente Negro. Se observa que los valores de material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  sobrepasan los límites máximos permisibles (Ministerio del Ambiente, 2015). El clima es un parámetro importante que afecta a los relaves de las minas, ya que controla la mayor parte de la dirección de la movilidad de los fluidos, las fluctuaciones de la capa freática (Redwan y Bamoussa, 2019); por lo tanto, la cantidad de material particulado afectará también al desenvolvimiento de la actividad de la relavera y la seguridad de las personas que habitan en los alrededores (ver Tabla 4).

#### **CALIDAD DE AGUA**

El costo de manejar los residuos líquidos y sólidos es elevado; las empresas mineras intentan localizar las presas de relaves lo más cerca posible a la planta de procesamiento (Rodríguez Córdova, 2002), minimizando coste de transporte y reutilizando el agua contenida en ellos mediante procesos de decantación y acumulación en lagunas de decantación o depósito aledaño. El agua de la laguna puede ser bombeada o evacuada mediante sistema de drenes

y el cual es evacuado hacia una poza o laguna de donde es enviado nuevamente a la planta de tratamiento de mineral.

En las observaciones *in situ* de la operación de la Relavera Comunitaria El Tablón, no se visualizaron descargas líquidas a la quebrada El Salado. Sin embargo, en relaveras de Ghana (Bansah *et al.*, 2018) sí se observan presencia de lixiviados que son arrastrados a corrientes de agua, se reporta que se debe a que los desechos se desbordan causando daños al ecosistema circundante.

La tabla 5 presenta los resultados del monitoreo de agua del año 2019, los valores en rojo indican que sobrepasan los límites permisibles (Ministerio del Ambiente, 2015), se evidencia principalmente que los parámetros que superan los metales que en caso de que sean eliminados a cauces de agua pueden asentarse en organismos acuáticos y terrestres, matándolos en esas condiciones; los metales pesados tóxicos pueden llegar a la cadena alimentaria a través de la absorción por las plantas y pueden ser un problema de salud para los consumidores y la población local (ver Tabla 5).

#### **RUIDO**

Los resultados del monitoreo de ruido realizados en horario diurno se muestran en la tabla 6, el límite permisible es 65 dB (Ministerio del Ambiente, 2015); en este caso, el ruido podría ser mitigado con barreras naturales como la siembra de árboles nativos lo cual además permitirá mejorar la calidad del aire (ver Tabla 6).

#### **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

La matriz de Leopold para la identificación de los impactos ambientales en la fase de operación de la Relavera Comunitaria El Tablón se presenta en la tabla 7; en este caso, se realizó la identificación y evaluación de las actividades relacionadas al transporte de los relaves que involucran principalmente la carga de relaves en la planta de beneficio, movimiento de relaves en volquetas, pesaje de relaves, descarga en las plataformas, distribución de los relaves con maquinaria pesada, la presencia de lixiviados producto del almacenamiento, y finalmente el monitoreo de la infraestructura (ver Tabla 7).

La identificación de estos factores es indispensable para fallas como la presentada en la relavera Karamkem, Rusia, en el 2009 (Glotova *et al.*, 2018), en la cual la falta de control técnico, junto con las desviaciones del proyecto original, contribuyeron a los riesgos de inestabilidad de la presa tras 16 años de operación.

**Tabla 5.** Monitoreo de calidad de agua

Parámetros	Unidad	Laguna interior vaso	Agua desarena- dor	Aguas arriba	Aguas abajo
Aluminio	mg/l	<LOQ	0,3	0,05	<LOQ
Antimonio	mg/l	0,015	<LOQ	0,05	<LOQ
Boro	mg/l	1,6	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Cobalto	mg/l	0,025	0,028	<LOQ	<LOQ
Cromo	mg/l	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Sodio	mg/l	72,93	64,45	<LOQ	40,6
Arsénico	mg/l	0,024	0,018	0,007	0,00739
Cadmio	mg/l	0,013	0,033	0,002	0,001549
Cobre	mg/l	<LOQ	0,781	<LOQ	<LOQ
Estaño	mg/l	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Hierro	mg/l	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Manganeso	mg/l	0,113	0,112	0,157	0,1583
Mercurio	mg/l	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Niquel	mg/l	<LOQ	0,049	<LOQ	<LOQ
Plata	mg/l	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ
Plomo	mg/l	<LOQ	0,010	0,009	<LOQ
Zinc	mg/l	0,45	8,67	<LOQ	0,43
Tensoactivos	mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Cianuro	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Cloro libre residual	mg/l	0,5	0,06	0	0
Fluoruros	mg/l	<0,01	0,59	<0,1	<0,1
Magnesio	mg/l	0,113	0,112		
Sólidos Sedimentables	mg/l	<1	<1	<1	<1
Sulfuros	mg/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Aceites y grasas	mg/l	0,6	0,2	1,2	1,4
DBO5	mg/l	7	2	2	4
DQO	mg/l	<25	<25	26	<25
Nitritos	mg/l	6,8	0,12	0,12	0,12
pH	N/A	6,78	6,79	7,49	7,51
Sólidos totales	mg/l	1930	1690	260	1150

Fuente: Prefectura de El Oro

**Tabla 6.** Monitoreo de ruido ambiental

Punto	Lugar de monitoreo	Coordenadas Datum WG S84		Nivel de presión sonora equivalente corregido Lkeq (dB A)
		Este	Norte	
P1	Área desarenador	651942	9587157	80
P2	Hito Plataforma 2	652236	9586835	62
P3	Frente al tractor	652436	9586650	65
P4	Área de campamento	652488	9586639	48
P5	Puente negro	621763	9588048	66

Fuente: Prefectura de El Oro.

Tabla 7. Matriz Leopold-identificación de impactos ambientales

factores ambientales	Carguío de relaves			Transporte de relave			Pesaje de volquetas			Descarga de relaves			Esparcido de relaves			Tratamiento de líquidos			Monitoreo			Evaluación			
	Ingreso de volqueta a planta	Cargado de volquetas con	Salidas de volquetas de	Colocación de ganchos	Incorporación de carpa	Circular a velocidad de 40	Derrames de relaves en la vía	Ingreso a báscula	Pesaje volquetas	Retiro de ganchos manuales	Retiro de carpa	Salida de báscula	Volteo	Retorno de volquetas	Empuje de relave	Resanado de plataformas	Almacenamiento de líquidos en	Bombeo de líquidos	Descarga de líquidos	Medición de puntos	Monitoreo de agua, suelo, aire, Ruido	Impactos negativos	Impactos positivos	Agregación de impactos	% de impactos negativos
Calidad de aire	-1	-1	-1	2	2		-35	-4	1	-2	-2	-2	-12	-6	-18	-18				8	12	4	-91	11,5%	3,8%
Ruido	-1	-1	-1			-1		-1	1											8	11	2	-9	10,6%	1,9%
Calidad de suelo	-6	-6	-6	2	2		-36	-4	1	-1	-1	-1	-1	-6	-18	-18				8	12	4	-91	11,5%	3,8%
Calidad de aguas superficiales		-5		2	2		-36									2	-1	-20		8	4	4	-48	3,8%	3,8%
Calidad de aguas subterráneas		-5		2	2		-36									2	-1	-20		8	4	4	-48	3,8%	3,8%
Patrón de drenajes							-36									2	-1	-20		8	3	2	-47	2,9%	1,9%
Inundaciones																							0	0,0%	0,0%
Sismología																			15			1	15	0,0%	1,0%
Vegetación terrestre							-1															2	-8	1,9%	0,0%
Mastofauna							-1															2	-8	1,9%	0,0%
Omitofauna							-1															2	-8	1,9%	0,0%
Herpetofauna							-1															2	-8	1,9%	0,0%
Ictiofauna							-1															2	-8	1,9%	0,0%



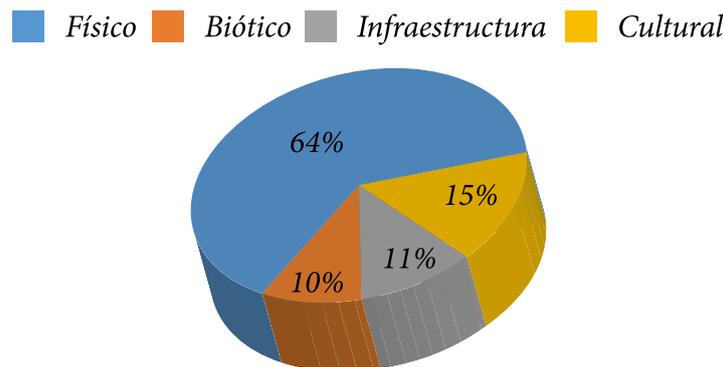


Figura 2. Interacción por componente

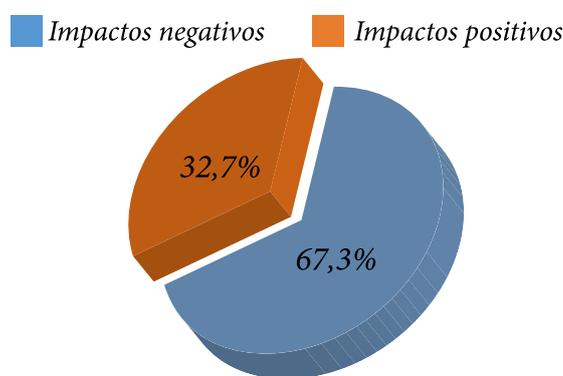


Figura 3. Porcentaje de impactos positivos y negativos

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el método matriz de Leopold se identificaron las actividades del proyecto, evaluando las interacciones entre las acciones y los factores ambientales, proporcionando valores para ponderar los factores afectados. En la figura 2 se representa el porcentaje de interacciones por componente ambiental, el componente físico presenta mayor porcentaje de incidencia (64%) debido a que la calidad del aire y suelo tienen mayor incidencia en este componente, con un porcentaje de impactos negativos 11,5% cada uno. El componente biótico tendría menor implicación en la cual cada uno de sus factores tendría solo un impacto negativo de 1,9% (ver Figura 2).

El análisis de impactos positivos y negativos con la matriz de Leopold se demuestra en la figura 3, donde predominan los impactos negativos; siendo el componente socioeconómico cultural el que se vería beneficiado con la operación de la relavera debido principalmente a la generación de empleo (ver Figura 3).

La evaluación de impactos establece que el impacto negativo de mayor relevancia corresponde a la actividad carguío de relaves representado por el 27%,

seguido por transporte de relaves que corresponde al 19% y el 17% asignado a la actividad de tratamiento de líquidos (ver Figura 4).

Con los resultados obtenidos, se pueden plantear alternativas para la mitigación de impactos negativos entre los cuales se puede señalar: (a) implantar un sistema de gestión de relaves para que, de manera transversal, se actúe en todas las fases de la vida útil del depósito e incorporar estándares internacionales para la vigilancia activa del depósito; (b) iniciar los estudios de diseño y elección del área para construcción de la planta de tratamiento de lixiviados; y (c) instalar instrumentación geotécnica para obtener una oportuna detección de anomalías que se desarrollen durante la vida útil del depósito.

### CONCLUSIONES

Este trabajo ha permitido establecer las características medioambientales de la operación de la Relavera Comunitaria El Tablón; el estudio evidencia impactos negativos asociados como la presencia de material particulado que afecta la calidad del aire, parámetros químicos del agua fuera de la norma y derrames de relaves en suelo.

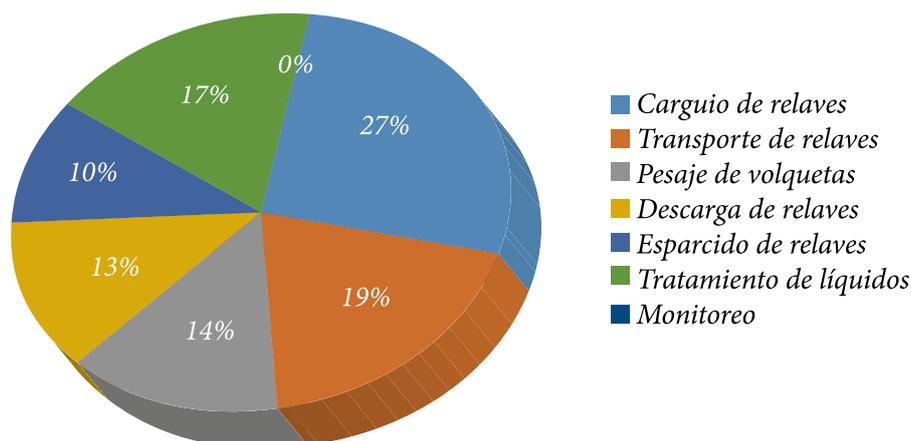


Figura 4. Porcentaje de impactos negativos por actividades

Los factores de riesgos identificados con metodología matricial Leopold permitieron un análisis selectivo basado en la caracterización ambiental para cada actividad del proceso, concluyendo que las actividades de carga y transporte de relaves, así como la presencia líquidos, ocasionan el mayor impacto negativo; mientras que se ve beneficiado el factor socioeconómico debido a la generación de empleo.

Para la toma de decisiones apropiada con sostenibilidad ambiental, es imperativo considerar todo el ciclo de vida desde la construcción hasta el postcierre de la relavera El Tablón, por lo cual este trabajo permite tener herramienta de base para plantear alternativas de mitigación de impactos ambientales.

#### REFERENCIAS

Acurio, A. 2020. Análisis de factores de riesgo ambiental en la relavera comunitaria El Tablón, cantón Portovelo, provincia de El Oro. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.

Alvarez Cabal, J. V., Luiña Fernández, R. & Pecharroman Clemente, D. 2013. Environmental indicators for impact assessment in mining. Logroño, 17th International Congress on Project Management and Engineering.

Bansah, K., Dumakor-Dupey, N., Stemnc, E. & Galeckia, G. 2018. Mutualism, commensalism or parasitism? Perspectives on tailings trade between large-scale and artisanal and small-scale gold mining in Ghana. Resources Policy, 57(1), pp. 246-254.

Barcelos, D. *et al.* 2020. Gold mining tailing: Environmental availability of metals and human health risk assessment. Journal of Hazardous Materials, p. 122721.

de Andrade Lima, L., Bernardez, L. & Barbosa, L. 2008. Characterization and treatment of artisanal gold mine tailings. Journal of Hazardous Materials, 150(1), pp. 747-753.

Glotova, V. E., Chlachula, J., Glotova, L. P. & Little, E. 2018. Causes and environmental impact of the gold-tailings

dam failure at Karamken, the Russian Far East. Engineering Geology, 245(1), pp. 236-247.

Lara, J. 2013. Experiencia de operación de depósito de relaves espesados y filtrados, Perú: Golder Associates.

Ministerio de Ambiente 2014. Reglamento ambiental de actividades mineras. Quito: Acuerdo Ministerial 37.

Ministerio del Ambiente 2015. Reforma del libro VI del texto unificado de legislación ambiental secundaria, Ecuador: s.n.

Paredes, D. 2013. ¿Después de la minería que? : análisis del impacto socioeconómico y ambiental de la minería : caso South American Development Company (SADCO-CIMA), Portovelo y Zaruma-El Oro-Ecuador. Quito: Flacso, sede Ecuador.

Prodeminca 2000. Evaluación de distritos mineros del Ecuador. Sulfuros masivos alojados en volcanitas, Quito: s.n.

Redwan, M. & Bamousa, A. 2019. Characterization and environmental impact assessment of gold mine tailings in arid regions: A case study of Barramiya gold mine area, Eastern Desert, Egypt. Journal of African Earth Sciences, 160(1), p. 103644.

Rodríguez Córdova, R. 2002. Economía y recursos naturales una visión ambiental en Cuba : apuntes para un libro de texto. s.l.:Universitat Autònoma de Barcelona.

Rodríguez, R. & Oldecop, L. 2011. Humedad y estabilidad geotécnica de presas de relaves. Quito, Conference: Universidad Central del Ecuador. Curso de capacitación profesional teórico-práctico en Aspectos relacionados a la hidrogeología e hidroquímica en zonas mineras del sur del Ecuador.

Salas Moscoso, D. J. 2019. Optimización del proceso de construcción de diques de relave mediante el método en tándem. Perú: Universidad Tecnológica del Perú.

Sánchez, A. 2015. El impacto de la minería en el distrito minero Zaruma-Portovelo, y el manejo de los relaves producidos en las plantas de beneficio, ubicadas a lo largo de los ríos Calera y Amarillo de la cuenca binacional

- Puyango-Tumbes. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Sobczyk, E. J., Kickia, J., Sobczyk, W. & Szuwarzyński, M. 2017. Support of mining investment choice decisions with the use of multi-criteria method. *Resources Policy*, 51(1), pp. 94-99.
- Valderrama, J., Campusano, R. & Espindola, C. 2019. Minería Chilena: Captura, Transporte, y Almacenamiento de Dióxido de Carbono en Relaves mediante Líquidos Iónicos y Carbonatación Mineral. *Información tecnológica*, 30(5), pp. 357-372.
- Vikentyev, I. & Banda, R. 2005. Mineralogy and formation conditions of Portovelo-Zaruma goldsulphide vein deposit, Ecuador. *Geochemistry, mineralogy and petrology*, Volumen 43, pp. 148-154.