

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR MINERÍA METÁLICA
EN EL RÍO SAN SEBASTIÁN

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR
EVER ANTONIO GÁMEZ GUZMÁN
DEBBIE ABIGAÍL SANTAMARÍA MOLINA

PARA OPTAR AL GRADO DE
LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

OCTUBRE 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESOR

MAESTRO LUIS DAVID ALONZO HERNANDEZ

ASESOR DEL ÁREA DE MICROBIOLOGÍA

MAESTRO GUILLERMO EMILIO ALVARENGA

TUTORA

LICENCIADA KATIA EUNICE LEYTON BARRIENTOS

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos otorgado la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar con éxito esta etapa de nuestra formación académica y profesional.

A la Universidad de El Salvador y a la Facultad de Química y Farmacia, por brindarnos el espacio académico, los conocimientos y las herramientas que han contribuido a nuestra preparación integral como futuros profesionales de la salud.

A nuestros docentes, por su entrega, orientación y exigencia constante, que nos motivaron a superar desafíos y a desarrollar una visión crítica, ética y comprometida con nuestra profesión.

A nuestros compañeros y compañeras de carrera, por la amistad, la colaboración y el espíritu de equipo que hicieron más llevadero este camino, así como por los aprendizajes compartidos dentro y fuera del aula.

A nuestras familias, por su amor incondicional, paciencia y apoyo permanente, que fueron el motor y la inspiración para mantenernos firmes aun en los momentos más difíciles.

Un especial agradecimiento a Licenciada Katia Eunice Leyton Barrientos. Por su entrega y dedicación que ha tenido a lo largo de este curso. Agradecemos también a todas aquellas personas que muy amablemente nos ayudaron en el Cantón San Sebastián, así como a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo para que este proyecto se llevara a cabo.

Y finalmente, a todas las personas que, de distintas formas, nos acompañaron con palabras de ánimo, gestos de solidaridad y consejos oportunos, dejando huella en este recorrido académico que hoy culminamos con gratitud y esperanza.

Ever Antonio Gámez Guzmán
Debbie Abigaíl Santamaría Molina

DEDICATORIA

Este logro es principalmente dedicado a Dios porque él me permitió estudiar una carrera muy bonita como lo es la Licenciatura en Química y Farmacia, con el nivel de dificultad y exigencia que demanda esta carrera la he logrado culminar, él ha sido mi fortaleza en cada noche de desvelo, mi guía en cada decisión, y mi protector en cada viaje.

Dedicado a mi madre que con mucho amor y sacrificio ha estado cada día a mi lado, animándome, alentándome, esperándome en cada regreso a casa. Así también a mi padre que con sacrificio y con sus consejos constantes ha estado presente en el transcurso de mi carrera.

Dedico este triunfo a mis abuelas que en paz descansen. Mi abuela Jesús cuyo deseo y sus últimas palabras hacia mí fueron que me quería "ver todo un licenciado ". Mi abuela Ynes que fue una gran ayuda en toda la etapa de mi carrera, aún recuerdo su última conversación conmigo y como siempre me dijo "gradúate, hijo, gradúate".

También este logro es dedicado para todas aquellas personas que han estado a mi lado durante este periodo. Así como Mi abuelo "Papá Toño" que a pesar de la distancia sus consejos nunca han faltado. A mis hermanos. Ruth, Camila, Gabriela, Samuel, Estefany, Jhony, Carlos. A mi tía Ana que siempre me apoyo y me aconsejo. A Gaby Gutiérrez que ha sido un apoyo muy especial, y quien siempre ha confiado en mí. Así también a mi perrito Floki que siempre me esperaba contento en cada regreso a casa.

Dedicado a todos aquellos docentes que han sido parte de mi formación académica. Dedicado para mis amigos que esta carrera me dio la oportunidad de conocer.

Especial agradecimiento a mi compañera de trabajo de graduación. Debbie, quien ha sido una excelente compañera y de no ser por ella no hubiera alcanzado un cupo en este curso de especialización.

Dedicado a todos aquellos jóvenes que con mucho esfuerzo y sacrificio están tratando de culminar su carrera, animarlos a que sigan adelante, el tiempo pasa rápido y su turno está por llegar.

Eben Ezer

Ever Antonio Gámez Guzmán

DEDICATORIA

A mi familia, por impulsarme a elegir el camino de la superación a través de la cultura; en especial a mi amada madre, cuya perseverancia y ejemplo de lucha en su trayectoria académica, a pesar de las limitaciones, fueron siempre una fuente de inspiración.

A mi hermanita Natalia, cuya inspiración, creatividad y determinación, han sido la razón de querer brindar un buen ejemplo de perseverancia para que ella, también logre alcanzar cada uno de sus objetivos. A mi hermanito Mathias, cuya vida recién empieza, marcada por la curiosidad y dedicación, a quien espero dar, aunque sea una luz de ejemplo en perseverancia. A mi padre que, con su esfuerzo constante, aportó a mi educación desde la protección y el amor.

A mi hermanita en el cielo, Marianita, cuya vida coincidió con el inicio de mi vida académica y que su partida inspiró para no darme por vencida al sentirme acompañada por su espíritu, amor y dulzura.

A mi amado y pequeño Chiri, que acompañó mi recorrido universitario brindándome un aliento místico y espiritual, llenando de alegría y esperanza los días más arduos. y velando mis noches de desvelo con su amor incondicional.

A mi compañero de vida, Rodrigo, por su presencia y apoyo, que me sostuvo en los momentos de duda y me alentó a avanzar hasta alcanzar la meta, con amor, paciencia y la confianza en mí.

A las personas entrañables que, durante este trayecto, me regalaron palabras de ánimo, se convirtieron en ejemplo y fueron luz en los instantes en que pensé desistir: Familia, amigas, ángeles en el camino que sin saberlo me inspiraron a diario.

Dedico este logro, con profundo agradecimiento y respeto a quienes hicieron posible que hoy cierre este ciclo académico, y a las nuevas generaciones de jóvenes, para que sepan que la educación y la cultura son caminos de libertad y superación, aun frente a los más grandes desafíos.

Hacia la libertad por la cultura

Debbie Abigaíl Santamaría Molina

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
CAPÍTULO I	
1.0 INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO II	
2.0 OBJETIVOS	13
CAPÍTULO III	
3.0 MARCO TEÓRICO	15
3.1 Fundamentos de la minería metálica y sus efectos ambientales	15
3.1.1 Efectos ambientales de la minería metálica	15
3.1.2. Casos representativos de afectaciones ambientales por minería metálica	16
3.2 Historia de la minería en San Sebastián y su legado ambiental	16
3.2.1 Impactos ambientales: El legado tóxico de la minería.....	17
3.2.2 Impactos socioeconómicos: dependencia, crisis y abandono.....	19
3.2.3 Un caso emblemático en el debate nacional sobre minería.....	19
3.3 Impactos en la salud pública y el medio ambiente	19
3.3.1 Contaminación ambiental: Consecuencias persistentes del Drenaje Ácido de Mina....	20
3.3.2 Efectos sobre la salud pública: Exposición crónica a metales pesados.....	20
3.3.3 Inseguridad hídrica: Acceso limitado a agua potable segura	21
3.3.4 Degradación de ecosistemas y pérdida de biodiversidad	21
3.3.5 Ausencia de remediación y justicia ambiental	22
3.4 Marco jurídico e institucional de la minería metálica en El Salvador: Evolución, retrocesos y desafíos actuales	22
3.4.1 De la prohibición a la reactivación: Evolución reciente del marco legal.....	22
3.4.2 Implicaciones jurídicas y vacíos de la nueva legislación	23
3.4.3 Contradicciones con la legislación ambiental vigente	23
3.4.4 Compromisos internacionales y tensiones emergentes	23
3.4.5 Institucionalidad ambiental y respuesta ante pasivos mineros.....	23
3.4.6 Propuestas actualizadas hacia una justicia ambiental integral	24

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL.....26

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES.....28

CAPITULO VI

6.0 RECOMENDACIONES.....31

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS33

ANEXOS35

RESUMEN

La práctica de la minería metálica en el cantón San Sebastián, ha tenido graves impactos ambientales, incluyendo la contaminación del agua y del suelo, la deforestación y la alteración de ecosistemas, así también efectos negativos en la salud humana, siendo el río San Sebastián el principal receptor de los contaminantes generados por la minería metálica en el cerro San Sebastián. El objetivo principal de este proyecto fue, evaluar el impacto de la minería metálica sobre las comunidades, la flora y fauna, en la zona del río San Sebastián, del Cantón San Sebastián, distrito de Santa Rosa de Lima, municipio La Unión Norte. Además, se investigó la concentración de metales pesados y otros contaminantes en el agua del río San Sebastián, exponiendo los efectos de la contaminación por metales pesados y las posibles repercusiones en el ecosistema y la salud humana.

Para comprender la magnitud de la contaminación del río San Sebastián y su impacto, se realizó una investigación bibliográfica, analizando información de estudios previos, informes, artículos científicos y documentales oficiales, enriqueciendo la investigación con entrevistas a pobladores del cantón San Sebastián. Se recolectó evidencia fotográfica de la situación actual del río San Sebastián y comunidades cercanas, para la elaboración de un material audiovisual que sintetiza los hallazgos más relevantes, con el objetivo de generar conciencia sobre la importancia de implementar medidas de mitigación y así evitar un incremento en la contaminación de dicho río.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

El agua se concentra en diferentes cantidades dentro de la tierra, el total de agua salada que hay dentro del planeta es alrededor del 97.5% que constituye los extensos mares y océanos, frente al 2.5% de agua dulce, de esta cantidad de agua dulce el 2% lo conforman los ríos. La contaminación de los ríos es un problema ambiental crítico en muchas regiones del mundo y estos cuerpos de agua dulce en El Salvador no se encuentran exentos de ello.

El río San Sebastián, ubicado en el Cantón San Sebastián, del distrito de Santa Rosa de Lima de La Unión Norte, se encuentra contaminado desde los años noventa, siendo una de las limitantes para el desarrollo de las comunidades locales, afectando a la ganadería y la agricultura, y siendo también, el causante de muchas enfermedades humanas. Hay estudios que demuestran niveles alarmantes de contaminación ocasionados por metales pesados producto de la minería metálica, afectando gravemente la calidad de vida de las personas y la biodiversidad. Por lo que, el propósito de este proyecto fue evaluar, el impacto de la minería metálica en el río San Sebastián y sus consecuencias para las comunidades y la biodiversidad.

Para el desarrollo de este proyecto, se realizó investigación bibliográfica y documental, para conocer sobre la contaminación del río por metales pesados y otro tipo de contaminantes. Además de investigación de campo, realizando entrevistas a residentes locales; para que todos estos elementos, permitan una comprensión integral de la situación del río San Sebastián, ayudando a identificar las principales problemáticas en la zona, a causa de la contaminación por la minería metálica y las posibles repercusiones en el ecosistema y la salud humana.

Este estudio, se llevó a cabo durante los meses de marzo a septiembre de 2025, encontrando que la práctica de minería metálica en la zona, afectó gravemente las aguas subterráneas, dando como resultado el brote de agua ya contaminada, generando un drenaje ácido de mina que desciende a través del cerro, hasta desembocar en el río San Sebastián, afectando a las comunidades aledañas; además de la contaminación por metales pesados como arsénico, plomo, mercurio y cadmio, que ha representado una de las amenazas más persistentes y peligrosas para los habitantes de la zona. Por lo que, se deben implementar medidas de restauración del ecosistema y control de los residuos de la minería, con el fin de mitigar el daño causado y asegurar una mejor calidad de vida de las personas del Cantón San Sebastián.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el impacto de la minería metálica en el río San Sebastián, del Cantón San Sebastián, del distrito de Santa Rosa de Lima, municipio La Unión Norte, sobre las comunidades, la flora y fauna de la zona.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 2.2.1 Investigar la concentración de metales pesados y otros contaminantes en el agua del río San Sebastián.
- 2.2.2 Exponer los efectos de la contaminación por metales pesados y las posibles repercusiones en el ecosistema y la salud humana.
- 2.2.3 Conocer, la afectación sobre las comunidades, la flora y fauna que han tenido a causa de la contaminación del río.
- 2.2.4 Elaborar un material audiovisual que exponga el impacto de la contaminación en el río San Sebastián en las comunidades, la flora y la fauna, como consecuencia de la minería metálica.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Fundamentos de la minería metálica y sus efectos ambientales

La minería metálica es una actividad industrial que consiste en la extracción de minerales metálicos presentes en el subsuelo, como el oro, cobre, plata, zinc, plomo, entre otros. Estos minerales son esenciales para diversas industrias, incluyendo la construcción, la tecnología, el transporte y la energía. Las dos formas más comunes de extracción son la minería a cielo abierto y la minería subterránea, siendo la primera la más empleada debido a su mayor rentabilidad operativa.¹

El proceso minero involucra varias etapas: prospección, exploración, explotación, procesamiento y cierre. El procesamiento de minerales metálicos implica el uso de sustancias químicas altamente contaminantes, como el cianuro de sodio, utilizado en la lixiviación de oro, y el ácido sulfúrico, empleado en la extracción de cobre.²

Desde una perspectiva económica, la minería metálica ha sido una fuente importante de ingresos fiscales y de inversión extranjera directa, especialmente en países en vías de desarrollo. Sin embargo, este beneficio económico ha sido frecuentemente acompañado por desequilibrios sociales y daños ambientales severos.³

3.1.1 Efectos ambientales de la minería metálica

Las actividades mineras metálicas generan impactos ambientales significativos que afectan tanto a los ecosistemas como a las comunidades humanas cercanas a los proyectos extractivos (Ver tabla1).

Tabla N°1. Impactos ambientales de las actividades mineras

Impacto	Descripción
Contaminación del agua	Provocada por el vertido de relaves y la lixiviación de metales pesados, lo que afecta tanto fuentes hídricas superficiales como subterráneas. Esto compromete el acceso al agua potable y altera los ecosistemas acuáticos.
Contaminación del aire	Generada por las emisiones de partículas en suspensión y gases tóxicos durante las fases de perforación, voladura, trituración y transporte de minerales. Puede causar enfermedades respiratorias y contribuir el cambio climático.
Degradación del suelo y pérdida de biodiversidad	Causada por la deforestación masiva, le remoción de grandes volúmenes de tierra y la alteración del paisaje natural. Esto reduce la capacidad del suelo para sustentar vida y fragmenta hábitats ecológicos clave.
Generación de residuos peligrosos	Incluye la acumulación de relaves mineros que pueden contener sustancias altamente toxicas como mercurio, arsénico, plomo o cadmio. Estos residuos representan un riesgo ambiental persistente, especialmente en zonas sin control adecuado (4,5).

Fuente: Elaboración propia en base a Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el sector minero es uno de los más contaminantes del planeta, y en muchos países las regulaciones ambientales son insuficientes para mitigar sus efectos.²

3.1.2. Casos representativos de afectaciones ambientales por minería metálica

En todo el mundo se han documentado numerosos casos en los que las operaciones de minería metálica han ocasionado crisis ambientales, sociales y sanitarias. Algunos ejemplos significativos se encuentran en la tabla 2.

Tabla N°2. Casos de Crisis Ambientales por Operaciones Mineras

Año	Caso	País	Tipo de mineral	Empresa responsable	Impacto ambiental
2015	Mariana	Brasil	Hierro	Samarco (joint venture entre vale y BHP Billiton)	Colapso de represa de relaves que liberó 40 millones de metros cúbicos de desechos tóxicos; muerte de 19 personas; contaminación severa del río Doce y afectaciones a comunidades aguas abajo.
2000	Yanacocha	Perú	Oro	Newmont Mining Corporation	Derrame de mercurio en la comunidad de Choropampa; conflictos sociales prolongados por el uso del agua en Cajamarca y denuncias de impactos en la salud pública.
Décadas de 1990-2020	Grasberg	Indonesia	Oro y cobre	Freeport-McMoRan	Vertimiento diario de aproximadamente 200,000 toneladas de desechos mineros al sistema fluvial de Papúa; contaminación del agua, pérdida de biodiversidad y desplazamiento de comunidades indígenas.

Fuente: Elaboración propia en base a Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)

3.2 Historia de la minería en San Sebastián y su legado ambiental

La historia minera de El Salvador tiene uno de sus capítulos más representativos en el cantón San Sebastián, ubicado en el distrito de Santa Rosa de Lima, departamento de La Unión. La minería en esta zona no solo es importante por su duración histórica y magnitud de explotación, sino también por las consecuencias sociales y ambientales que ha dejado, y que aún hoy continúan afectando a las comunidades locales. Este caso se ha convertido en un referente clave para el análisis de los impactos de la minería metálica en contextos de alta vulnerabilidad ambiental y social.

La actividad minera en San Sebastián tiene raíces coloniales, cuando los colonizadores españoles identificaron vetas auríferas en la región oriental del país. Sin embargo, fue durante los siglos XIX y XX cuando la minería metálica adquirió características industriales, con la intervención de empresas extranjeras que implementaron tecnologías de extracción más agresivas y a mayor escala.⁶

La Compañía Minera San Sebastián, de capital estadounidense, operó en la zona por varias décadas, principalmente durante el siglo XX. La mina producía principalmente oro, pero también otros metales como plata y cobre. Durante su periodo de actividad, fue una de las fuentes de empleo más importantes de la región, y se construyó alrededor de ella una economía dependiente del extractivismo.⁷ Sin embargo, el enfoque puramente extractivo, sumado a la falta de políticas regulatorias ambientales, provocó que los procesos de explotación se desarrollaran sin considerar los impactos acumulativos que la actividad minera dejaría a largo plazo.

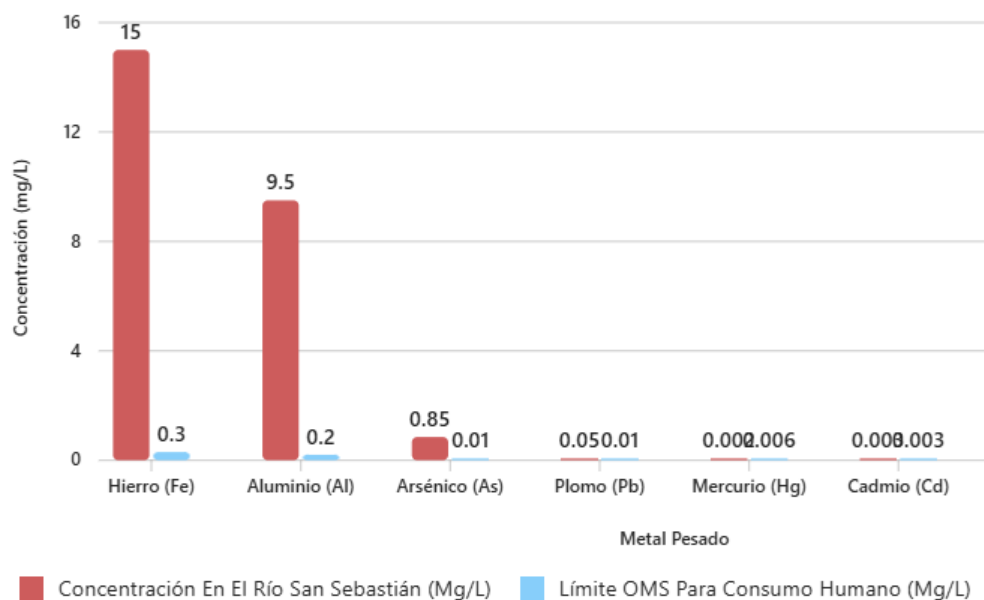
Hacia finales de los años 80, la mina fue abandonada abruptamente, sin un plan de cierre adecuado ni una estrategia de remediación ambiental. El retiro de la empresa significó no solo la pérdida de empleo y actividad económica, sino también el inicio de una etapa de abandono ambiental, en la que quedaron expuestos pasivos contaminantes sin manejo alguno.

3.2.1 Impactos ambientales: El legado tóxico de la minería

Uno de los impactos más evidentes y documentados de la minería en San Sebastián es la contaminación del agua, especialmente en el río San Sebastián. Diversos estudios han señalado que el afluente presenta un color amarillento anaranjado, resultado del Drenaje Ácido de Mina (DAM), un fenómeno geológico-químico que ocurre cuando los sulfuros minerales expuestos al aire y al agua generan ácido sulfúrico, el cual disuelve metales pesados presentes en las rocas.⁴

Un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en 2006 reveló que el agua del río presentaba concentraciones elevadas de hierro (15.0 mg/L), aluminio (9.5 mg/L) y arsénico (0.85 mg/L), muy por encima de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud para consumo humano y vida acuática.⁸ (Ver gráfica 1)

Figura N°1



Comparación de Concentraciones de Metales pesados en Agua en río San Sebastián (MARN 2006) vs. Límites establecidos por la OMS.

Fuente: Elaboración propia con base a Guías de la OMS para la calidad del agua

Este tipo de contaminación ha tenido impactos múltiples:

- Ecológicos, afectando la biodiversidad acuática y terrestre.
- Sociales, pues las comunidades perdieron una fuente de agua limpia y segura.
- Sanitarios, al aumentar los riesgos de enfermedades asociadas a la exposición a metales pesados.⁶

Además, se ha identificado la presencia de relaves abandonados al aire libre, que contienen residuos de cianuro, metales pesados y lodos tóxicos, los cuales son fácilmente arrastrados por la lluvia hacia el cauce del río y filtrados hacia el subsuelo. Esta situación ha convertido al cantón San Sebastián en una zona de sacrificio ambiental, donde los derechos humanos, especialmente el derecho al agua y a un ambiente sano, han sido sistemáticamente vulnerados.⁹

3.2.2 Impactos socioeconómicos: dependencia, crisis y abandono

Desde el punto de vista social, la minería en San Sebastián creó una economía local dependiente de una sola industria, sin diversificación productiva. Durante el tiempo de operación de la mina, muchas familias vivieron de los ingresos generados directa o indirectamente por la actividad minera, lo que limitó el desarrollo de otras formas de producción más sostenibles.⁵

Con el cierre de la mina, las comunidades enfrentaron un vacío económico, sin empleo ni apoyo estatal. A ello se sumó la carga ambiental heredada, que afectó la salud pública, la agricultura y el acceso al agua potable. Muchas personas emigraron a otras zonas del país o hacia el extranjero, y otras quedaron atrapadas en una situación de pobreza estructural que persiste hasta hoy.⁷

3.2.3 Un caso emblemático en el debate nacional sobre minería

El caso de San Sebastián se convirtió en un referente nacional durante los años 2000 y 2010, cuando diversos sectores sociales, académicos y ambientales comenzaron a denunciar los riesgos de permitir nuevos proyectos mineros en el país. Las evidencias del daño en San Sebastián sirvieron de base para campañas de sensibilización, investigaciones científicas y demandas ciudadanas por una prohibición total de la minería metálica en El Salvador.

Este proceso culminó con la aprobación en marzo de 2017 de la Ley de Prohibición de la Minería Metálica, convirtiendo a El Salvador en el primer país del mundo en prohibir por completo esta actividad a nivel nacional.¹¹ El caso de San Sebastián fue citado durante los debates legislativos como un ejemplo del fracaso del modelo extractivo, y se utilizó como evidencia empírica de los daños ambientales irreversibles que puede provocar la minería en un país con alta densidad poblacional, estrés hídrico y fragilidad institucional.⁹

3.3 Impactos en la salud pública y el medio ambiente

La minería metálica, cuando no está regulada adecuadamente, tiene un potencial destructivo significativo sobre el ambiente y la salud humana. Este impacto se magnifica en países con instituciones débiles, escasa fiscalización ambiental y alta vulnerabilidad social, como es el caso de El Salvador. En contextos como el del cantón San Sebastián, departamento de La Unión, los efectos de las actividades mineras persisten a décadas del cierre de la mina, reflejándose en el deterioro de la calidad del agua, del suelo y de la salud de las comunidades cercanas. Este fenómeno

se enmarca en una problemática global que ha sido ampliamente documentada por organismos científicos, ambientales y de salud pública.

3.3.1 Contaminación ambiental: Consecuencias persistentes del Drenaje Ácido de Mina

Una de las consecuencias ambientales más graves de la minería metálica es el DAM, un proceso geoquímico en el que los sulfuros metálicos, presentes en los minerales excavados, reaccionan con el oxígeno y el agua para formar ácido sulfúrico. Este ácido disuelve metales pesados presentes en las rocas, que luego son arrastrados por las aguas superficiales y subterráneas, contaminando ríos, quebradas y acuíferos.^{11,12}

En el caso de San Sebastián, la actividad minera dejó enormes cantidades de relaves mineros expuestos, sin tratamiento ni confinamiento seguro. Esto ha facilitado la generación constante de DAM, que ha contaminado gravemente el río San Sebastián, afluente que históricamente abastecía de agua a la comunidad.

El impacto de esta contaminación no solo es ambiental, sino también estructural y permanente, ya que los procesos de oxidación continúan de manera espontánea mientras el material contaminado siga expuesto. Estudios internacionales han demostrado que el DAM puede persistir por más de 100 años tras el cierre de una mina¹⁴, lo que convierte estos sitios en pasivos ambientales de largo plazo que requieren intervención técnica especializada.

3.3.2 Efectos sobre la salud pública: Exposición crónica a metales pesados

La exposición humana a metales pesados es uno de los principales riesgos sanitarios asociados a la minería. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), elementos como el arsénico, plomo, cadmio, mercurio y aluminio pueden generar efectos adversos en múltiples sistemas del cuerpo humano, incluyendo:

- Sistema nervioso central: neurotoxicidad, déficit cognitivo, alteraciones motoras
- Sistema digestivo: náuseas, diarreas, inflamaciones intestinales
- Sistema renal y hepático: fallos orgánicos progresivos
- Sistema reproductivo: abortos espontáneos, malformaciones congénitas
- Sistema inmunológico: disminución de defensas y aumento de infecciones

En San Sebastián, habitantes han reportado durante años síntomas como irritación dérmica, problemas estomacales persistentes, dolores articulares, problemas respiratorios y pérdida de apetito. Aunque no existen estudios clínicos longitudinales públicos, investigaciones de carácter comunitario, como las desarrolladas por Voices on the Border y el Centro de Estudios del Desarrollo, recogen testimonios consistentes con exposición crónica a agua y polvo contaminado por residuos mineros.^{6,7}

La vulnerabilidad se incrementa en poblaciones rurales pobres, como la de San Sebastián, donde el acceso a sistemas de salud es limitado y donde los diagnósticos toxicológicos especializados son prácticamente inexistentes. Esto invisibiliza el impacto real sobre la salud colectiva y dificulta la exigibilidad de derechos.⁵

3.3.3 Inseguridad hídrica: Acceso limitado a agua potable segura

Otro impacto central de la minería en esta región es la pérdida de acceso al agua potable. El río San Sebastián, que históricamente abastecía a la población, ya no es utilizable. Las familias se han visto obligadas a depender de sistemas alternos de agua, muchas veces intermitentes o insuficientes, como pozos, camiones cisterna o redes comunitarias con baja presión.⁹

Esto ha generado un escenario de inseguridad hídrica, definido por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) como una condición donde las personas no tienen acceso confiable, asequible y seguro al agua necesaria para llevar una vida digna.¹⁵ La situación en San Sebastián cumple con esta definición, agravada por el hecho de que muchas fuentes subterráneas también presentan contaminación por metales.

La inseguridad hídrica impacta especialmente a las mujeres y niñas, quienes suelen asumir la carga del acarreo de agua o el manejo del abastecimiento doméstico, ampliando las desigualdades de género.¹⁶

3.3.4 Degradación de ecosistemas y pérdida de biodiversidad

El daño causado por la actividad minera también se manifiesta en la pérdida de cobertura vegetal, la deforestación, la fragmentación del hábitat y la pérdida de especies nativas. Estudios han mostrado que los suelos en las cercanías de relaves mineros presentan niveles de toxicidad que impiden el crecimiento de cultivos y vegetación silvestre, afectando la biodiversidad y limitando la regeneración natural del ecosistema.¹²

En San Sebastián, la actividad agrícola se ha reducido drásticamente. Muchos campesinos han abandonado tierras improductivas o han migrado, contribuyendo al fenómeno de despoblamiento rural. Esta degradación ambiental sostenida también tiene implicaciones sobre el clima local y los servicios ecosistémicos, como la regulación hídrica y la fertilidad del suelo.

3.3.5 Ausencia de remediación y justicia ambiental

A más de 30 años del cierre de la mina, no ha existido una intervención estatal estructurada para sanear el ambiente, restaurar los ecosistemas o atender a las poblaciones afectadas. La falta de políticas públicas dirigidas a remediar los pasivos mineros en San Sebastián constituye una violación a derechos humanos fundamentales como el derecho a la salud, al agua y a un ambiente sano, consagrados en tratados internacionales ratificados por El Salvador.^{17,18}

El caso representa un claro ejemplo de injusticia ambiental, entendida como la exposición desproporcionada de comunidades vulnerables a daños ambientales provocados por actores económicos poderosos, sin que exista reparación, compensación o acceso efectivo a la justicia.¹⁹

3.4 Marco jurídico e institucional de la minería metálica en El Salvador: Evolución, retrocesos y desafíos actuales

3.4.1 De la prohibición a la reactivación: Evolución reciente del marco legal

El Salvador fue el primer país del mundo en prohibir la minería metálica mediante la Ley de Prohibición de la Minería Metálica (Decreto Legislativo No. 639), aprobada en 2017 como respuesta a la presión social y a los impactos ambientales documentados en casos como el del cantón San Sebastián. Esta legislación fue considerada un hito global en materia de justicia ambiental.

No obstante, el 23 de diciembre de 2024, la Asamblea Legislativa aprobó la nueva Ley General de Minería Metálica, la cual fue sancionada por el presidente Nayib Bukele y publicada en el Diario Oficial el 10 de enero de 2025, entrando en vigor el 7 de enero de este año²³⁻²⁵. Esta ley revoca la prohibición anterior y permite nuevamente la exploración, extracción y procesamiento de minerales metálicos en el país.

La nueva normativa establece que el Estado será el único titular de los derechos mineros, aunque se permite la participación de empresas privadas bajo esquemas de cooperación público-privada.

El gobierno ha justificado este cambio como una estrategia para promover el desarrollo económico, generar empleo y aumentar los ingresos fiscales.²³

3.4.2 Implicaciones jurídicas y vacíos de la nueva legislación

Aunque la ley General de Minería Metálica prohíbe el uso de mercurio en las actividades mineras (Artículo 8), no establece mecanismos claros para la remediación de pasivos ambientales históricos ni contempla un fondo específico para la reparación de daños.

Organizaciones ambientalistas han criticado la falta de estudios técnicos y de discusión pública previa a la aprobación de la ley, señalando que esta representa un retroceso en la protección ambiental y los derechos humanos.²³

3.4.3 Contradicciones con la legislación ambiental vigente

La reactivación minera entra en conflicto con otras normativas ambientales:

- Ley de Medio Ambiente (1998): Exige Estudios de Impacto Ambiental (EIA), pero su aplicación ha sido históricamente débil.
- Ley General del Recurso Hídrico (2022): Reconoce el agua como bien público y establece su gestión por cuencas, pero no ha sido articulada con la nueva ley minera, lo que genera riesgos de contaminación hídrica sin mecanismos de reparación claros.

3.4.4 Compromisos internacionales y tensiones emergentes

El Salvador, ha ratificado instrumentos como el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) que obliga al Estado a garantizar el acceso a la información, la participación ciudadana y la justicia ambiental. Sin embargo, la aprobación de la nueva ley minera se realizó sin un proceso amplio de consulta pública, lo que podría vulnerar estos compromisos.

3.4.5 Institucionalidad ambiental y respuesta ante pasivos mineros

La institucionalidad ambiental salvadoreña sigue siendo débil. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) no cuenta con una unidad especializada en remediación de sitios contaminados ni con un fondo nacional para la atención de pasivos ambientales. El caso de San Sebastián sigue sin recibir atención efectiva, y no se han publicado estudios clínicos sobre los efectos de la exposición a metales pesados en la población local.

3.4.6 Propuestas para una justicia ambiental integral

Frente a este nuevo escenario, se vuelve urgente:

- Crear un Fondo Nacional de Remediación Ambiental, con financiamiento estatal e internacional.
- Reformar la Constitución para reconocer explícitamente el derecho al agua y al ambiente sano.
- Fortalecer la capacidad técnica y jurídica del Estado para fiscalizar y sancionar daños ambientales.
- Diseñar una política nacional de transición post-extractivista, basada en derechos humanos, equidad social y sostenibilidad ecológica.

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

El producto final de esta investigación se refleja en un video documental, que lo adentra en la problemática sobre la contaminación de la minería en el río San Sebastián, del Cantón San Sebastián, del distrito de Santa Rosa de Lima de La Unión Norte, y su impacto ambiental y social.

Para ver el video documental, entrar en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=DPHaAdc7ZBI>

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES

1. Las altas concentraciones de metales pesados encontradas en el río San Sebastián evidencian una contaminación persistente derivada de la antigua actividad minera en la zona. La práctica de la minería metálica en las minas de San Sebastián generó un drenaje ácido de mina que ha contaminado las aguas superficiales y subterráneas, afectando directamente la calidad del agua que llega al río. Un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en 2006 reveló que el agua del río presentaba concentraciones elevadas de hierro (15.0 mg/L), aluminio (9.5 mg/L) y arsénico (0.85 mg/L), muy por encima de los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud para consumo humano y vida acuática. Este fenómeno ha provocado graves consecuencias ambientales y sociales para las comunidades cercanas, que por años han enfrentado dificultades en el acceso a agua segura. A pesar de los esfuerzos realizados por distintas instituciones y organizaciones ambientales, los niveles de contaminación siguen siendo alarmantes y los resultados de mitigación no han sido efectivos.
2. La presencia de metales pesados como arsénico, plomo, mercurio y cadmio en el agua del río San Sebastián representa una amenaza constante para el ecosistema y la salud humana. Estos elementos, al acumularse en el medio ambiente, han deteriorado la calidad del suelo, afectado la productividad agrícola y alterado la biodiversidad de la zona, reduciendo significativamente la vida acuática. En la población local, la exposición prolongada a estos contaminantes ha sido asociada con enfermedades renales, hepáticas, respiratorias, dermatológicas y cancerígenas, lo que refleja la magnitud del impacto ambiental y sanitario generado por la contaminación minera.
3. La contaminación del río San Sebastián ha provocado una profunda afectación no solo en las comunidades humanas, sino también en la flora y la fauna del lugar. La pérdida de vegetación ribereña y la muerte de especies acuáticas son consecuencias directas del deterioro del ecosistema, lo que altera las cadenas alimenticias y reduce la capacidad de regeneración natural del entorno. A nivel social, la escasez de agua limpia ha impulsado el desplazamiento de familias, ha limitado las actividades agrícolas y ganaderas, y ha generado una carga económica adicional para obtener agua segura. Además, la falta de

sistemas adecuados de saneamiento ha repercutido en la educación y el bienestar general de los habitantes.

4. La elaboración del material audiovisual permitió documentar de manera directa el impacto de la contaminación del río San Sebastián, mostrando cómo la actividad minera ha afectado la vida de las comunidades, la flora y la fauna locales. Este recurso constituye una herramienta de sensibilización y educación ambiental que busca fomentar la conciencia social, promover la participación comunitaria y fortalecer el llamado a la acción para restaurar los ecosistemas degradados y garantizar el derecho humano al agua.

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

1. Se le hace un llamado a la Alcaldía de la Unión Norte, a establecer programas dedicados ayudar a las personas afectadas por la contaminación por minería metálica en el Cantón San Sebastián, la carencia de agua potable es uno de los mayores problemas en la zona, por lo que comprarla de forma constante representa una carga económica para muchas familias. Así mismo hacerle un llamado a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), a ejecutar proyectos encaminados a resolver la problemática de acceso al agua potable de los residentes del cantón San Sebastián.
2. Al gobierno central y de la mano del Ministerio de Economía, promover alternativas que desarrollen actividades económicas, sostenibles que no dependan de la minería metálica, generando diversidad de empleos dignos, a la misma vez creando programas de formación técnica y emprendimiento, especialmente para jóvenes, mujeres jefas de hogar y personas en situación de vulnerabilidad, todo esto con la intención de asegurar una mejor calidad de vida de las personas del Cantón San Sebastián.
3. Al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), se le recomienda fortalecer la aplicación de la ley de prohibición de la minería metálica, además se le exige la protección de fuentes de agua de la zona, implementar medidas de restauración de ecosistemas y control de los residuos por minería, fomentar la participación ciudadana desarrollando campañas de educación ambiental sobre los riesgos de la minería y las alternativas sostenibles.
4. Al Ministerio de Salud, realizar un monitoreo y vigilancia, implementando estudios periódicos de salud en comunidades cercanas al río San Sebastián; identificar prevalencia de enfermedades asociadas a metales pesados como neurológicas, renales, hepáticas y respiratorias; Desarrollar campañas educativas sobre los riesgos de la minería y exposición a metales pesados; Brindar atención psicológica por impactos sociales y emocionales derivados del conflicto minero; Facilitar acceso a tratamientos médicos para enfermedades crónicas vinculadas a la exposición minera.
5. Se recomienda a la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA) establecer sanciones dirigidas a personas naturales responsables de la contaminación de los cuerpos de agua, evitando que la carga recaiga únicamente sobre empresas privadas.

6. Se sugiere al Ministerio de Economía implementar incentivos económicos o fiscales para promover prácticas que eviten la contaminación del agua, fomentando proyectos y empresas sostenibles que contribuyan a la protección de los recursos hídricos.
7. Se recomienda fortalecer la participación de los gobiernos locales, a través de las alcaldías municipales, en la gestión de la problemática ambiental, apoyando programas de abastecimiento de agua segura, educación ambiental y restauración de ecosistemas, en coordinación con instituciones nacionales y comunidades locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Young C. *Mining and its impacts: An overview*. Cambridge: Earthscan Publications; 2017.
2. United Nations Environment Programme (UNEP). *The environmental impact of mining operations* [Internet] . Nairobi: UNEP; 2012 [citado 2025 jul 11]. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/report/environmental-and-social-impact-assessment-mine-expansion-project-how-will>
3. Bridge G. Contested terrain: Mining and the environment. *Annu Rev Environ Resour*. 2004;29(1):205–59.
4. Hilson G. An overview of land use conflicts in mining communities. *Land Use Policy*. 2002;19(1):65–73.
5. Bebbington A, Hinojosa L, Humphreys Bebbington D, Burneo ML, Warnaars X. Contention and ambiguity: Mining and the possibilities of development. *Dev Change*. 2008;39(6):887–914.
6. Centro de Estudios del Desarrollo (CEDA). *La minería metálica y sus impactos en El Salvador: el caso de San Sebastián*. San Salvador: CEDA; 2011.
7. Voices on the Border. *San Sebastián: una comunidad contaminada por la minería* [Internet]. 2014 [citado 2025 jul 11]. Disponible en: <https://voicesontheborder.org/san-sebastian-una-comunidad-contaminada-por-la-mineria>
8. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). *Informe de calidad de agua superficial en el río San Sebastián*. San Salvador: MARN; 2006.
9. CIDES. *Informe sobre fundamentos técnicos y sociales de la Ley de Prohibición de la Minería Metálica*. San Salvador: CIDES; 2017.
10. Asamblea Legislativa de El Salvador. *Ley de Prohibición de la Minería Metálica*. Diario Oficial No. 68, Tomo 415; 2017.
11. Younger PL. Mine water pollution: the remarkable recovery of the River Gaunless, UK. *Water Environ J*. 2001;15(1):45–52.
12. Lottermoser BG. *Mine wastes: Characterization, treatment and environmental impacts*. 3rd ed. Berlin: Springer; 2010.
13. World Health Organization (WHO). *Guidelines for drinking-water quality*. 4th ed. Geneva: WHO; 2011.

14. Johnson DB, Hallberg KB. Acid mine drainage remediation options: a review. *Sci Total Environ.* 2005;338(1–2):3–14.
15. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Informe sobre desarrollo humano 2006: Más allá de la escasez, poder, pobreza y la crisis mundial del agua.* Nueva York: PNUD; 2006.
16. UN Women. *Gender, water and sanitation: A policy brief.* Nueva York: ONU Mujeres; 2017.
17. United Nations Development Programme (UNDP). *Environmental justice: Comparative experiences in Latin America.* New York: UNDP; 2013.
18. Organización de las Naciones Unidas (ONU). *Resolución 64/292: El derecho humano al agua y el saneamiento.* Asamblea General de las Naciones Unidas; 2010.
19. Martínez-Alier J. *El ecologismo de los pobres: Conflictos ambientales y lenguajes de valoración.* Barcelona: Icaria; 2003.
20. United Nations Development Programme (UNDP). *Minería metálica en El Salvador: Prohibición, desafíos y alternativas.* San Salvador: UNDP; 2018.
21. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). *Ley de Medio Ambiente.* Decreto Legislativo No. 233, Diario Oficial No. 79, Tomo 339; 1998.
22. Asamblea Legislativa de El Salvador. *Ley General del Recurso Hídrico.* Decreto Legislativo No. 690, Diario Oficial No. 56, Tomo 434; 2022.
23. Constitución de la República de El Salvador. Diario Oficial No. 319, Tomo 275; 1983.
24. Habitantes del Cantón San Sebastián, distrito de Santa Rosa de Lima, La Unión. Entrevista sobre impactos socioambientales [entrevista personal]. 2025 Agosto 23

ANEXOS

ANEXO N°1

ENTREVISTA: Impacto de la contaminación por minería metálica en el río San Sebastián

1. ¿De dónde obtienen actualmente usted y su familia el agua que consumen, ya sea para beber o cocinar?

(Esperar respuesta y luego profundizar si es necesario con opciones como: agua embotellada, de pozo, sistema comunal, etc.)

¿Ustedes pagan mensualmente por esta agua?

(Sí / No)

En caso afirmativo, ¿cuánto pagan aproximadamente al mes?

2. ¿Usted o algún miembro de su familia ha presentado problemas de salud que podrían estar relacionados con el consumo o contacto con el agua del río San Sebastián?

(Sí / No / No está seguro/a)

Si la respuesta es afirmativa, ¿podría mencionarme qué tipo de enfermedades o síntomas han tenido?

(Por ejemplo: afecciones en la piel, problemas estomacales, renales, etc.)

3. A lo largo del tiempo, ¿ha notado si han desaparecido o muerto animales o plantas cerca del río?

(Sí, casi no hay nada / Sí, ha disminuido / No, todo sigue igual / No estoy seguro/a)

¿Podría darme algunos ejemplos concretos que haya observado?

(Peces, aves, plantas específicas, etc.)

4. ¿Cómo ha afectado esta contaminación del río a sus actividades diarias o al sustento de su familia?

(Por ejemplo: pesca, riego, higiene, consumo de agua)

- ¿Diría que se han visto muy afectadas, que han cambiado en algunos aspectos, o que no ha habido mayor impacto?

¿Podría describirme brevemente de qué manera?

5. ¿Ha notado usted si alguna institución, autoridad local o el gobierno está haciendo algo para solucionar la contaminación del río o para facilitar el acceso a agua potable?

(Sí, hay acciones visibles / Se han hecho intentos sin resultado / No se ha hecho nada / No estoy seguro/a)

¿Qué acciones ha visto o qué cree usted que debería hacerse? (opcional)

6. Para finalizar, ¿cuál cree usted que debería ser la postura del Estado salvadoreño respecto a la minería metálica?

- ¿Cree que debería permitirse nuevamente?
- ¿Cree que debe mantenerse la prohibición y enfocarse en reparar el daño ambiental?
- ¿O no está seguro/a?

¿Podría explicar brevemente por qué piensa eso? (opcional)