

# Efectos medio ambientales ocasionados por la explotación de estaño

## *Environmental effects caused by tin mining*

**Ramiro Abel Avendaño Osinaga**

r.avendano.o@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-0137-304X>

Universidad Técnica de Oruro, Oruro-Bolivia

Artículo recibido en febrero 2021

Arbitrado en marzo 2021

Aceptado en mayo 2021

Publicado en julio 2021

### RESUMEN

El objetivo de este estudio fue identificar los efectos ambientales provocados por la explotación de yacimientos estanníferos en la localidad de Huanuni, Bolivia. La metodología empleada requirió del análisis del impacto ambiental tomando en cuenta dos aspectos: primero, la magnitud del impacto sobre sectores específicos del medio ambiente; segundo, la importancia de las acciones propuestas sobre las características y condiciones ambientales específicas.

Los resultados demuestran que las actividades de extracción de estaño son rentables, pero a la vez provocan: contaminación del agua; generación de gases, sales, partículas y contaminación acústica. En algunos casos estos efectos pueden cobrar vidas humanas. Se concluyó que la implementación de políticas ambientales no afectaría significativamente en la rentabilidad y permitiría gozar la beneficios directos e indirectos para los pobladores.

**Palabras clave:** Estaño; Medioambiente; Sociocultural; Explotación; Minerales; Naturaleza

### ABSTRACT

The objective of this study was to identify the environmental effects caused by the exploitation of tin deposits in Huanuni, Bolivia. The methodology used required the analysis of the environmental impact taking into account two aspects: first, the magnitude of the impact on specific sectors of the environment; second, the importance of the proposed actions on specific environmental characteristics and conditions. The results show that tin mining activities are profitable, but at the same time cause: water pollution; generation of gases, salts, particles and noise pollution. In some cases these effects can cost human lives. It was concluded that the implementation of environmental policies would not significantly affect profitability and would allow direct and indirect benefits for the residents..

**Key words:** Tin; Environment; Sociocultural; Exploitation; Minerals; Nature

## INTRODUCCIÓN

A inicio de los años setenta se suscitó una crisis energética que repercutió en la economía mundial como consecuencia de la subida de los precios del petróleo (Ministerio de Minería, 2005). Situación que obligó a los países deficitarios en este producto a potenciar sus fuentes energéticas. En consecuencia, se dio la proliferación de explotaciones mineras, y entre ellas las de estaño (Ministerio de Minería, 2005). Con el tiempo, se produjeron sustanciales diferencias entre las políticas nacionales, susceptibles de afectar el buen funcionamiento de los países extractores de estaño.

La explotación minera y su fin último de aprovechamiento de recursos configuran una importante actividad económica en Bolivia (Ministerio de Minería, 2005). Sin embargo, el desarrollo industrial, minero y urbano es uno de los factores que de manera más notable ha contribuido a la degradación del medioambiente, lo que ha llevado a la mayoría de los países industrializados a dar una respuesta efectiva con el fin de proteger la naturaleza y la calidad de vida (Achmad, 1985).

Así, las evaluaciones de impacto ambiental constituyen hoy una técnica generalizada en los países industrializados recomendada de forma especial por los organismos internacionales que, a través de los programas de acción, las han reconocido como el instrumento más adecuado para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medioambiente (Pobeda, 1987). Se trata de introducir la variable ambiental en la toma de decisiones sobre los proyectos con incidencia importante en el medioambiente, proporcionando fiabilidad y confianza a las decisiones por adoptarse, al poder elegir, entre las diferentes alternativas posibles, aquella que mejor salvaguarde los intereses generales desde una perspectiva global o integrada y teniendo en cuenta todos los efectos derivados de la actividad proyectada (Pobeda, 1987).

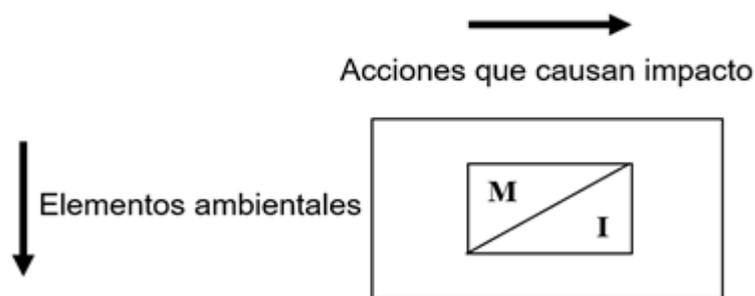
En este contexto, el objetivo de este estudio fue identificar los efectos ambientales provocados por la explotación de yacimientos estanníferos. El estudio se limita a la deposición mineral de estaño

en el yacimiento de la localidad de Huanuni, Bolivia. Situada de acuerdo con las siguientes coordenadas: longitud 66°47'45" - 66° 51'40" y latitud 18°14'18" - 18°18'04". Los yacimientos se encuentran a 50 Km. al sudeste de la ciudad de Oruro y vinculado con el centro minero de Huanuni y los yacimientos mineros de Siglo XX (Llallagua), enlazado con la carretera principal y la vía férrea Machacamarca - Uncia actualmente en desuso. Enclavado en la parte central de la cordillera de los Andes Bolivianos, la boca mina se ubica en la ladera norte de la quebrada del Convento a 5 Km entre Huanuni y Cataricagua sobre una carretera de herradura que conecta a la carretera hacia Llallagua (Gobierno Municipal Autónomo de Huanuni, 2005).

## METODOLOGÍA

El estudio tuvo alcance descriptivo y, en respuesta el objetivo planteado, el enfoque aplicado fue el sociocrítico (Avendaño, 2017). Sin embargo, la segunda etapa de la investigación hace una aproximación hacia la cuantificación de los efectos ambientales provocados por la explotación de yacimientos estanníferos. Durante la primera etapa del estudio se aplicaron técnicas como observación participante, revisión bibliográfica y entrevistas (Avendaño, 2017; Torres, 1997). Los documentos base en esta etapa fueron: Balance General (Cooperativa Minera la Salvadora, 2005), Plan de desarrollo Municipal (Gobierno Municipal Autónomo de Huanuni, 2005) y Guías ambientales Banco Asiático de Desarrollo (1998). Las entrevistas se aplicaron a los pobladores de la localidad de Huanuni, los trabajadores de la empresa y cooperativas mineras de la región.

Durante la segunda etapa, para asignar una valoración cuantitativa a cada efecto ambiental, se aplicó la matriz de Leopold modificado (Leopold., 1971). Esta matriz recoge un detalle de acciones y elementos ambientales considerando donde se muestra la interacción entre la magnitud y la importancia, según se presenta en la Figura 1.

**Figura 1.** Estructura de la matriz de Leopold modificado.

En ésta los efectos esperados (en términos de magnitud e importancia) se valoraron de 1 a 3, de acuerdo con la intensidad estimada; se consignó un signo negativo para los perjudiciales y positivo para los beneficiosos. Se consideraron acciones relacionadas con la construcción y con la explotación.

Las acciones de impacto ambiental relacionadas con la construcción han sido clasificadas según se desarrollan en el interior de la mina (movimiento de suelos, movimiento de maquinaria pesada, cambios de acceso, estanque, captación de agua) o en el exterior (limpieza de galería, instalación de cañerías de agua, instalación de cañerías de aire, instalación cable troller, línea de riel, carros metaleros). De la misma manera, las acciones de explotación se agruparon en dos: las relacionadas con yacimiento (bombeo, limpieza, marcado, perforación, cargado de dinamita, extracción de materiales, traslado del mineral a la boca de la mina, traslado del mineral al ingenio) y las relacionadas con ingenio (clasificación, trituración, molienda, comuneo y muestreo, ensacado, traslado al comprador). Finalmente, en el eje de horizontal también se registran los accidentes que pueden ser de tres tipos: explosiones, escapes y fugas, fallos de funcionamiento.

Asimismo, en el eje vertical, cada grupo de elementos ambientales se desglosa en elementos específicos, y éstos a su vez en factores. El primer grupo, características físicas y químicas se divide en: tierra (suelos, geomorfología, factores físicos singulares y recursos naturales); agua (subterráneas, ríos, fuentes naturales); atmósfera

(gases, clima, polvo) y; procesos (acumulación de aguas residuales, erosión, deposición, soluciones, compactación y asentamientos, estabilidad, sismología). En el segundo grupo, condiciones biológicas la subdivisión es: flora (arbustos, hierbas, cosechas, microflora, plantas acuáticas, especies en peligro, barreras, corredores); fauna (pájaros, animales terrestres, insectos, microfauna, especies en peligro, barreras). El tercer grupo, factores culturales se clasifica de la siguiente manera: uso del territorio (espacios abiertos y salvajes, zonas húmedas, pastos, agricultura, zona residencial, zona comercial, zona industrial, minas y canteras); recreativos (caza, pesca, navegación, baño, camping, excursión, zonas de recreo); estéticos (vista panorámica, naturaleza, espacios abiertos, paisajes, agentes físicos singulares, parques y reservas, monumentos, ecosistemas especiales, lugares históricos); nivel cultural (estilo de vida, salud y seguridad, empleo, densidad de la población). El último grupo corresponde relaciones ecológicas, y se clasifica a su vez en: contaminación de recursos de agua, vector enfermedades, cadenas alimentarias, contaminación de materiales superficiales, invasión de maleza).

El siguiente paso fue describir los efectos ambientales que sobresalieron por su ponderación (magnitud e importancia), con énfasis en los efectos negativos.

## RESULTADOS

Para la identificación de efectos socioculturales, ambientales y económicos, se realiza una caracterización del área de influencia.

### Características socioculturales

En la localidad la mayor parte de los habitantes pertenecen a familias mineras, tienen altos índices de analfabetismo y bajos ingresos. Si bien existen cooperativas mineras, éstas explotan concentrados en forma manual lo que representa una producción lenta. Entre las expresiones culturales están las ferias locales que generan flujo de mercaderías y las fiestas religiosas donde se destacan las expresiones artísticas propias de la región.

En la actualidad el uso de la tierra circundante al proyecto se caracteriza por el desarrollo de una agricultura a secano y bajo riego, destinada al uso doméstico de los productores, se trata de una producción para el autoconsumo. Los cultivos tradicionales bajo riego son: haba, maíz, papa, cebada, papalisa, oca e izaño. Los cultivos a secano son: papa, quinua y cebada en grano.

El área de la llanura no es cultivada debido a la falta de riego, actualmente son zonas cubiertas con vegetación nativa mayormente de thola y espina. El uso de la tierra se concentra en varias parcelas, fluctuando entre 500 y 5.000 m<sup>2</sup>, con un promedio de 2.000 m<sup>2</sup> por familia en la zona con riego.

El sistema de producción existente en la zona integra actividades agrícolas y pecuarias, en condiciones espaciales y temporales, esencialmente con rubros de ciclo anual en época de verano, debido a las limitaciones de clima (heladas). La tecnología utilizada actualmente en el proceso productivo es tradicional, utilizando para las labores de cultivo la tracción animal y herramientas de uso manual, para la preparación de los terrenos de cultivo se utiliza picotas, azadones, chaqui-thajlla, likhuanas, palas, arado tipo egipcio. Para la fertilización de los terrenos se emplea estiércol de animal (guano) (Albornoz, 1998).

Se siembra entre agosto y noviembre, para cosechar entre febrero y marzo; entre abril y julio no existe actividad agrícola. Esta actividad se basa en la diversificación de cultivos, entre los cuales adquieren mayor importancia: haba, papa, maíz, cebada y oca, corresponde al 93 % de la superficie cultivada (Albornoz, 1998).

El periodo de las rotaciones que se practica en la zona combina cultivos de escarda con cultivos mejoradores del suelo. Los cultivos de escarda, como la papa, maíz, trigo, constituyen cabeza de rotación, seguidos por leguminosas como el haba en forma secuencial, tal como se muestra en el siguiente ejemplo: papa – maíz – cebada – haba. En este sistema, los efectos residuales del guano (estiércol de animales) usados en los cultivos de escarda son aprovechados por las gramíneas y leguminosas, contribuyendo estas últimas a su vez en mejoradores físico – químico de los suelos para los cultivos de escarda, resultando en última instancia en el uso eficiente del recurso suelo, limitado únicamente por el agua de riego. Cabe destacar que el descanso del terreno es parte de los sistemas de producción, cuya práctica se debe fundamentalmente a la insuficiente disponibilidad de agua de riego, lo cual a su vez determina rendimientos moderados (Albornoz, 1998).

Los animales silvestres existentes en la zona son: huari o vicuña, liebre, vizcacha, perdiz, k'ita k'hwi, tujón, ratón, lechuga, águila, zorro, zorrino, leke leke, pucu pucu, sapo, lagarto y víbora. Algunos de estos animales en ocasiones incrementan su número, provocando plagas que causan daños en los cultivos.

### Características ambientales

La explotación de minerales se desarrolla en áreas circundantes a los cerros Posokoni y Cuchillani y el río Huanuni. En el área de influencia del yacimiento se encuentran las zonas pobladas de Cataricagua, Panti Pata, Viluyo, Bombo, donde se ubican pueblos nativos.

Las comunidades localizadas en el área cuentan con una población menor a 1.000 habitantes, distribuida en poblados. A pesar de lo cual se observa un patrón de asentamiento disperso. En función de los materiales en las viviendas y las actividades que desarrollan, los pobladores pertenecen, en su gran mayoría, a clase media baja y baja (campesinos de subsistencia). En la Tabla 1 se describe la infraestructura existente.

**Tabla 1.** Infraestructura existente en las zonas pobladas circundantes.

Servicio	Huanuni	Viluyo	Cataricagua	Bombo	Playa Verde	Venta y Media	Ventilla	Caimalliri
Agua potable	x	x	x	-	x	x	-	x
Red de alcantarillado	x	-	-	-	-	-	-	-
Electricidad	x	x	-	-	-	x	-	-
Teléfono	x	-	-	-	-	-	-	-
Limpieza urbana	x	-	-	-	-	-	-	-
Alumbrado público	x	x	-	-	-	-	-	-
Semáforos	-	-	-	-	-	-	-	-
Señalización	-	-	-	-	-	-	-	-
Televisión	x	-	-	-	-	-	-	-
Televisión Satelital	x	-	-	-	-	-	-	-
Posta Sanitaria	x	x	-	-	-	-	-	-
Hospital	x	-	-	-	-	-	-	-
Escuela	x	x	x	x	-	x	-	x
Colegio	x	-	-	-	-	-	-	-

Se observa en el área de explotación, una situación de marcado deterioro ambiental. A ella colaboran tanto situaciones de pasivos ambientales producto de la explotación existente, como también situaciones derivadas de un manejo no racional de los recursos.

En lo referente al pasivo ambiental existente cabe señalar, que en forma dispersa se han observado algunas canteras no recuperadas, pero fundamentalmente es en márgenes de los cauces y cauces antiguos de los ríos, donde se acusa el mayor deterioro por extracción de material y depósito de las brozas, material con escaso mineral (bajas leyes). Otro pasivo ambiental son los tendidos aéreos de energía eléctrica que cruzan la población, que no respetan el gálibo establecido por las normas de electrificación.

Con respecto a los manejos no racionales que han contribuido a la degradación del área, se observa una pérdida significativa de la cobertura vegetal, a casusa del pastoreo de ganado como a la tala de especies forestales nativas para la obtención de leña por parte de los pobladores y por el derrame permanente de líquidos tóxicos como al copagira.

### **Medidas de adecuación sociales y ambientales**

En la Tabla 2 muestra un resumen de los efectos ambientales que se identificaron y que se presentan a raíz de la explotación de los yacimientos por parte de empresas mineras y cooperativas de la población de Huanuni (Ley del medio Ambiente No 1333 de 27 de abril de 1992).

**Tabla 2.** Efectos y medidas de adecuación.

Componentes ambientales y sociales	Efectos	Adecuación ambiental
<b>Ambiente físico</b>		
<b>Suelos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosión de tierras pendiente situados en el área de los yacimientos.</li> <li>- Zonas de deslizamientos, desprendimientos y hundimientos.</li> <li>- Sitios de depósito de material sin mineral (Broza)</li> </ul>	Explotación en estación seca; protección de superficies terrestres durante la explotación; revegetación o estabilización física de superficies erosionable.
<b>Recursos Hídricos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosión de tierras pendiente situados en el área de los yacimientos.</li> <li>- Zonas de deslizamientos, desprendimientos y hundimientos.</li> <li>- Sitios de depósito de material sin mineral (Broza)</li> </ul>	Atención especial a drenajes; prevención de erosión; consideración de alineaciones alternativas; lagunas de retención; desecho apropiado de aceite y otros materiales peligrosos.
<b>Calidad del aire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polvo durante la explotación.</li> </ul>	Control del polvo mediante uso de agua u otros medios.
<b>Ambiente Acústico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Molestias ocasionadas por ruidos.</li> </ul>	Restringir explosiones a ciertas horas
<b>Ambiente biológico</b>		
<b>Hábitat Naturales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteración de los hábitats naturales.</li> <li>- Alteración de las áreas protegidas.</li> </ul>	Consideración de alineaciones o sitios alternativos (especialmente para los parajes nuevos).
<b>Fauna y Flora</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alteración por destrucción de la vida silvestre</li> <li>- Amenazas a especies raras y en extinción.</li> <li>- Incrementos de muertes viales debido a altas velocidades y volumen de tráfico vehicular.</li> </ul>	Minimizar pérdida de vegetación natural durante explotación; Alineaciones alternativas; varias medidas especiales para especies sensitivas.
<b>Ambiente Social</b>		
<b>Estética y Paisaje</b>	Paisajes alterados Escombros.	Restauración de vegetación; limpieza de sitios de explotación
<b>Sitio Histórico</b>	Degradación de sitios. Molestias a las estructuras.	Alineaciones alternativas y sitios. Medidas especiales para proteger sitios de herencia cultural.
<b>Salud Humana</b>	Transporte Sustancias peligrosas Accidentes en los yacimientos Accidentes a personas no relacionadas con la producción.	Regulación e implementación de seguridad industrial, capacitación de las formas de producción. Diseños de seguridad (señalización).
<b>Comunidades Humanas</b>	Reasentamiento involuntario Cambio social (Nuevos trazos) Pérdida de edificios, propiedad, o sustento económico	Compensación según las leyes vigentes.

Según se muestra en la Tabla 2, se identificaron componentes ambientales y sociales que se ven afectados por la explotación de minerales. En respuesta se proponen acciones de adecuación ambiental. A fin de analizar la magnitud e importancia de cada uno de estos efectos, se aplicó la metodología propuesta por la matriz de Leopold. Donde, en el eje horizontal se registraron aquellas

acciones que causan impactos ambientales (a raíz de la construcción o la explotación); y en el eje vertical se consideraron los elementos ambientales, clasificados en cuatro grupos: características físicas y químicas; condiciones biológicas; factores culturales y; relaciones ecológicas.

En la Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos gracias a la aplicación de la matriz.

**Tabla 3.** Resultados de la matriz de Leopold para la extracción de estaño en Huanuni.

ACCIONES PROPUESTAS			SUMA	PROMEDIOS			
A.- CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS	1 TIERRA	a Suelos	-74	57	-2,55	1,97	
		b Geomorfología	-66	54	-2,44	2	
		c Factores físicos singulares	-56	50	-2,24	2	
		d Recursos naturales	-58	59	-2	2,03	
	2 AGUA	a Subterráneas	-63	58	-2,17	2	
		b Ríos (riachuelos)	-61	57	-2,18	2,04	
		c Fuentes Naturales	-33	46	-1,43	2	
	3 ATMOSFERA	a Gases, partículas	-53	50	-2,12	2	
		b Clima (micro, macro)	-21	20	-2,1	2	
		c Polvo (tierra floja)	-23	26	-1,77	2	
	4 PROCESOS	a Acumulación de aguas residuales	-4	20	-0,4	2	
		b Erosión	-58	56	-2,07	2	
		c Deposición (sedimentación y precipitación)	-47	46	-2,04	2	
		d Solución (líquidos residuales)	-25	32	-1,56	2	
		e Compactación y asentamientos	-36	40	-1,8	2	
		f Estabilidad	-46	48	-1,92	2	
		g Sismología (movimientos)	-21	44	-0,95	2	
	B.- CONDICIONES BIOLÓGICAS	1 FLORA	a Árboles	0	0	0	0
			b Arbustos	-21	30	-1,31	1,88
c Hierbas			-21	31	-1,31	1,94	
d Cosechas			-18	31	-1,13	1,94	
e Microflora			-16	31	-1	1,94	
f Plantas acuáticas			-13	29	-0,87	1,93	
g Especies en peligro			0	0	0	0	
h Barreras, obstáculos			0	0	0	0	
i Corredores			-4	6	-1,33	2	
2 FAUNA			a Pájaros (aves)	-16	30	-1,07	2
	b Animales terrestres, incluso reptiles	-16	30	-1,07	2		
	c Insectos	-17	32	-1,06	2		
	d Microfauna	-20	32	-1,25	2		
	e Especies en peligro	0	0	0	0		
	f Barreras	-6	6	-2	2		

ACCIONES PROPUESTAS		SUMA		PROMEDIOS		
C.- FACTORES CULTURALES	1 USOS DEL TERRITORIO	a Espacios abiertos y salvajes	-15	18	-1,67	2
		b Zonas Húmedas	-11	24	-0,85	1,85
		c Pastos	-12	24	-1	2
		d Agricultura	-9	22	-0,82	2
		e Zona residencial	-17	22	-1,55	2
		f Zona comercial	-17	22	-1,55	2
		g Zona industrial	0	0	0	0
		h Minas y Canteras	-21	30	-1,4	2
	2 RECREATIVOS	a Caza	0	0	0	0
		b Pesca	0	0	0	0
		c Navegación	0	0	0	0
		d Baño	0	0	0	0
		e Camping	-12	18	-1,33	2
		f Excursión	-12	18	-1,33	2
		g Zonas de recreo	-12	18	-1,33	2
	3 ESTETICOS Y DE INTERES HUMANO	a Vista panorámicas y paisajes	-30	32	-1,88	2
		b Naturaleza	-28	32	-1,75	2
		c Espacios abiertos	-14	20	-1,4	2
		d Paisajes	-30	32	-1,88	2
		e Agentes físicos singulares	-8	14	-1,14	2
		f Parques y reservas	0	0	0	0
		g Monumentos	0	0	0	0
		h Especies o ecosistemas especiales	-2	10	-0,4	2
		i Lugares y objetos históricos o arqueológicos	0	0	0	0
		4 NIVEL CULTURAL	a Estilos de vida (patrones culturales)	-3	6	-1
	b Salud y seguridad		-36	58	-1,24	2
	c Empleo		70	62	2,26	2
	d Densidad de población		35	52	1,25	1,86
5 FACILIDADES Y ACTIVIDADES HUMANAS	a Red de transportes	0	16	0	2	
	b Red de Servicios	9	26	0,64	1,86	
	c Eliminación de residuos sólidos	0	18	0	2	
	d Barreras	0	0	0	0	
	e Corredores	0	0	0	0	
D.- RELACIONES ECOLOGICAS	a Contaminación de recursos de agua	-34	32	-2	1,88	
	b Vectores enfermedades - Insectos	-19	22	-1,73	2	
	c Cadenas alimentarias	-9	12	-1,5	2	
	d Contaminación de materiales superficiales	-35	32	-2,19	2	
	e Invasión de maleza	0	0	0	0	
<b>SUMAS</b>				<b>-0,86</b>	<b>1,98</b>	
		<b>-88,78</b>	<b>-2,86</b>			
<b>PROMEDIOS</b>		<b>127,38</b>	<b>4,11</b>			

De la matriz de Leopold presentada en la Tabla 3 se puede concluir que existe una mayor concentración de los efectos referidos a la alteración de las características físicas y químicas, en todo el proceso del proyecto, vale decir desde su exploración, construcción, explotación y el respectivo agotamiento del yacimiento. Se observa también que la fase de la construcción y el tratamiento en el ingenio tienen mayor incidencia en todos los aspectos tratados. La explotación del yacimiento tiene su impacto en las minas, estos efectos son directos a los medios subterráneos y a la salud de los trabajadores.

Los índices no muestran con exactitud el comportamiento de los impactos, pero sí dan una marcada tendencia de la incidencia de la contaminación existente en los procesos de explotación que afectará a la explotación minera.

Las acciones de la matriz tienen un índice de -0.79, esto implica que la incidencia es negativa, por debajo de 1, los impactos positivos identificados como el factor empleo y la densidad de la población son fuertes. Debe existir medidas protectoras para mitigar la incidencia negativa, el índice de la importancia muestra el 1.98, como promedio representando que los efectos pueden alcanzar a niveles que afecten a la población del departamento no solo a la región.

Las distintas fases que se identifican en el proceso de explotación minera estannífera muestran índices más elevados que las acciones, es decir que la magnitud del impacto llega al -1.75 y su importancia a 2.46, llegando a considerarse como altas, y con ello corroborar la existencia de medidas protectoras que mitiguen los efectos al medio ambiente. A continuación, se detalla los diferentes aspectos identificados.

Los impactos positivos por realizar el proyecto serán altamente positivos en función de la producción esperada, ya que la implementación de maquinaria y tecnología mejorará las condiciones de seguridad. Si se incrementa progresivamente

la extracción del estaño, según programación, se logrará incrementar gradualmente el ingreso anual (considerando que en diez años se tendrá la construcción completa del acceso al sector 3 donde se encuentran los mayores yacimientos de estaño) (Leopold, 1971).

### **Atmósfera y salud humana**

Según el análisis, la explotación minera afecta claramente en la vida de los seres vivos. Una baja calidad de la atmósfera, es decir, el hecho de que su composición se aparte de determinados estándares puede provocar enfermedades o incluso la muerte, en este aspecto se debe indicar que la atmósfera en el sector de producción es altamente contaminante, afectando directamente a la salud del trabajador. No se encontró afectación directa a otras formas de vida en el exterior de la mina.

En las etapas de extracción y tratamiento de los minerales se afectará directamente al medio ambiente por el uso de las diferentes maquinarias y los vehículos de transporte del mineral desde la mina hasta el ingenio donde se procesa el mineral, para su respectiva comercialización, así también por los reactivos y los residuos provenientes de las actividades propias.

### **Agua**

Este factor ambiental recibe el mayor impacto negativo porque la contaminación proviene de varias fuentes, como el trabajo realizado por las señoras en los ríos circundantes a los yacimientos, echando los desperdicios o broza a la intemperie. Mismos que son lavados por los ríos y las lluvias, haciendo que exista mineral en los afluentes. El agua es contaminada también por el derrame de los productos y la copagira que existe en los yacimientos, que salen de las bocaminas resultado de la descomposición de las sales como la piritita, casiterita y otros. En consecuencia, el trabajo que se realiza resulta ser altamente contaminante.

## Gases

Otro aspecto referido a la explotación es la dispersión de gases distintos a los habituales en la atmósfera, estos son producto de: (1) combustión de la maquinaria implicada en el proceso minero, ligados a la combustión de hidrocarburos como gasolinas y diésel; (2) extracción; (3) deflagración del explosivo, aunque su volumen no suele ser tan importante como para producir efectos de consideración; (4) combustión de carbón; (5) piro metalurgia. Esos gases contaminantes pueden ser de dos tipos: gases contaminantes “primarios”, es decir, que se emiten de esa forma a la atmósfera, y gases contaminantes “secundarios”, formados a partir de reacciones implicadas por los primarios.

Los más importantes, sus orígenes y efectos son: CO<sup>2</sup>, pueden inducir a muerte por asfixia en lugares cerrados como la mina (Canter, 1999), sobre todo si hay combustión, en ambientes abiertos favorece la intensificación del efecto invernadero (Canter, 1999); CO, gas muy poco común en la atmósfera natural, se forma como consecuencia de combustiones incompletas y por el depósito de sustancias tóxicas, especialmente se encuentra en el yacimiento donde la atmósfera es cerrada y empobrecida en oxígeno (Canter, 1999). Es mucho más letal que el dióxido de carbono (Canter, 1999); SO<sub>x</sub>, compuestos resultantes de combustión de sulfurados, son muy comunes como producto de la combustión fósil, reaccionan con el agua, incluso con el vapor de agua atmosférico, para dar origen a ácido sulfúrico, en áreas con gran actividad industrial o con tráfico muy denso;

En algunos casos, la emisión de gases se minimiza a través de la utilización de grandes equipos eléctricos, con el inconveniente de su menor autonomía (dúmpers tipo trolebús, palas eléctricas). En otros casos, el problema se puede minimizar a través de un mantenimiento adecuado de los motores, para disminuir en lo posible las emisiones.

## Sales

La presencia de sales en la atmósfera está ligada, inevitablemente, a la presencia de abundante agua, y la extracción de estaño necesariamente utiliza agua en todas sus fases. Por esta razón la contaminación se presenta desde el inicio del proyecto, tanto en la construcción como en la producción. En el interior de la mina el derrame de los líquidos es abundante y afecta a las aguas subterráneas. Las operaciones en el ingenio son contaminantes potenciales a las aguas de los ríos: ya sea como consecuencia de regado de pistas, voladuras en áreas no secas o riegos durante procesos de hidrometalurgia. Este último caso puede llegar a ser bastante problemático, pues durante estos procesos se emplean compuestos de alta toxicidad.

## Partículas

Generadas por las explosiones, proceso de molienda y trituración, produciendo gran cantidad de polvo. Las partículas contaminan y oscurecen la atmósfera. También tiene efectos notables sobre la salud de los que inhalan; las partículas de tamaño inferior a 10 mm son capaces de alcanzar las zonas más profundas del sistema respiratorio (pulmones), mientras que las de tamaño mayor suelen quedar retenidas en el tracto respiratorio (Canter, 1999). Las menores, por tanto, son susceptibles de causar mayores daños orgánicos.

Las partículas de tamaños mayores tienden a depositarse con mayor facilidad, y se denominan partículas sedimentables. El principal problema que plantean es de suciedad, que puede combinarse con otros fenómenos, como puede ser su alteración en contacto con el agua, generando compuestos de mayor o menor toxicidad ambiental (Canter, 1999).

La explotación de minerales de estaño produce una gran cantidad de emisiones a la atmósfera, en diferentes formas: sólidas (polvo, fundamentalmente durante las voladuras, pero también durante la carga y el transporte), gases

(pirometalurgia, escapes de vehículos, gases liberados durante algunos procesos concretos), ruidos (voladuras, maquinaria, lanza térmica), y onda aérea.

El polvo emitido por la explotación minera tiene su origen en la disgregación de las rocas durante su preparación, o en el levantamiento de partículas de los caminos durante los procesos de transporte. En el primer caso, el origen del polvo a su vez puede ser variado: (1) Puede ser producido durante una voladura. Si procede de minería subterránea, se emitirá a la atmósfera a partir de uno o varios puntos definidos: las chimeneas de ventilación y los pozos de circulación de aire (es prácticamente imposible evitar su emisión, puesto que afecta, por principio básico, a roca seca, sin posibilidad de un humedecimiento rápido que evite la dispersión). La composición de este polvo será la misma que la de la roca volada, con lo que a menudo se tratará de roca con componentes minerales “problemáticos”, conteniendo minerales oxidables, con metales pesados, etc.; (2) Polvo generado durante el proceso de carga; (3) Polvo generado durante el proceso de transporte, en su doble vertiente de polvo que pueda escaparse del elemento de transporte, y polvo levantado por el medio de transporte; (4) En el caso de los camiones, se produce una mezcla entre partículas procedentes del yacimiento y las procedentes del camino (en ambos casos es posible evitar parcialmente el problema, cubriendo adecuadamente la caja del camión, o regando la carga, así como mediante el riego continuo de la pista de rodadura); (5) Procesos de molienda, es fundamental disponer de una instalación adecuada que evite en lo posible los escapes de polvo, puesto que no suele ser posible trabajar con material húmedo, al menos en las instalaciones convencionales.

### **Contaminación acústica**

Afecta a las personas y a los animales. Los efectos sobre las personas son: fisiológicos, como la sordera; psicológicos, provocados por la interferencia sobre

las comunicaciones y el descanso; empeoramiento de las condiciones de trabajo, con el consiguiente aumento del riesgo de accidentes y disminución del rendimiento; efectos subjetivos, provocados por la molestia que produce estar sometido a ruidos; sobre la salud: el ruido puede provocar desorganización visual, taquicardias, e incluso puede afectar a los procesos digestivos. Los efectos sobre la fauna son: sobresaltos y movimientos; alteración de las costumbres de apareamiento; abandono de nidos durante la cría.

La minería contribuye a este tipo de contaminación mediante diversos mecanismos: voladuras, tráfico pesado, martilleo en cantería, corte con lanza térmica.

### **Onda aérea**

La onda aérea se produce como consecuencia de las explosiones de las voladuras, y es una onda de presión generada por la energía de rotura de ésta, que se propaga por el aire atenuándose con la distancia, generando las vibraciones que se manifiestan fundamentalmente en los cristales. Como medida de prevención, siempre y cuando las condiciones del terreno lo permitan, se puede diseñar la explotación de forma que parte de la topografía original se preserve, creando un efecto pantalla, así como con respecto al ruido.

### **Efectos económicos**

La actividad de explotación del yacimiento Huanuni dará lugar a beneficiarios indirectos para empresas mineras, cooperativas mineras, instituciones departamentales y nacionales, empresas de auto transporte y pobladores a través de la contratación de servicios. Como beneficiarios indirectos se tienen comerciantes formales e informales, proveedores de alimentos, insumos y otros (Canter, 1999).

Asimismo, la población en su conjunto será beneficiada en virtud de la activación económica por extracción y venta del estaño, dando lugar a una actividad progresiva del comercio, intercambio de mercaderías, insumos.

Se reactivará el sector del auto transporte, local provincial, departamental e interdepartamentalmente, toda vez que dará lugar a tránsito de comerciantes que proveerán productos a los trabajadores. Asimismo, la misma actividad de extracción requerirá proveedores de servicios e insumos para: construcción de tanques de aguas, apertura de camino carretero, instalación de energía eléctrica y otros trabajos al interior de la mina (limpieza y sueleo de galería; cañerías para agua y aire, carros metaleros y rieles). En términos generales, los beneficiarios directos en una empresa minera mediana serían aproximadamente 1.000 personas (Federación de Cooperativas Mineras, 2005).

### CONCLUSIONES

Al considerarse la explotación minera se identifican efectos sociales y económicos multiplicadores, como la creación de fuentes de trabajo a partir de inversión de capitales externos o nacionales. Sin embargo, es necesario hacer un balance de los efectos positivos y negativos que surgen en cada proyecto específicos, en ámbitos económicos, socioculturales y ambientales. Tras haber estudiado la extracción de estaño en la localidad de Huanuni (Bolivia), se detectaron efectos negativos considerables principalmente en las etapas de construcción y extracción. Se identificó que, en términos ambientales, los proyectos de extracción de estaño provocan: contaminación del agua; generación de gases, sales, partículas y; contaminación acústica. En algunos casos estos efectos pueden cobrar vidas humanas.

En este contexto, la regulación que debiera implementarse en Bolivia relacionada con estos problemas debe adoptar una postura exigente y ambiciosa que, conduzca a dotar de un marco íntegro que de satisfacción a la doble visión del desarrollo de las actividades mineras y de respeto al medioambiente. Con esta investigación se puso en evidencia la necesidad de una política medioambiental enfocada en evitar desde el origen

la contaminación y otras perturbaciones, en vez de combatir posteriormente sus efectos. Se trata, pues, de una política preventiva basada en evaluar las consecuencias generadas por actividades de extracción de minerales en la calidad de vida y sobre el medio natural, cuyo objeto final sería la protección de la salud del hombre y la conservación en cantidad y calidad de todos los recursos que condicionan la vida: agua, aire, suelo, paisaje, clima, materias primas, hábitat, diversidad de especies y patrimonio cultural.

Al ser el proceso de extracción donde se afecta directamente al contexto físico de la tierra, este también afecta directamente a la salud de la población porque se desarrolla dentro de un contexto sociocultural, en este caso la localidad de Huanuni - Bolivia, fuertemente relacionado con el ambiente y el territorio. Por este motivo es importante tratarlo y entenderlo como un proceso complejo en el que se deben buscar las causas, y con base en ellas proponer cuidado, protección y atención a la salud. Esto implica un fuerte compromiso social que, en últimas, es lo que caracteriza a la medicina y otras profesiones de la salud, es importante considerar que este trabajo debe ser interrelacionado con otras disciplinas para lograr una intervención integral y efectiva.

### REFERENCIAS

- Achmad, C. (1985). Guías para Evaluación de Impacto Ambiental. Londres. Inglaterra
- Albornoz, C. E. (1998). Ordenamiento Territorial en Municipios Rurales. Edit. Los Amigos del Libro. Cochabamba - Bolivia
- Avendaño, R. (2017). Metodología de la Investigación. Editorial Educación y Cultura. Cochabamba - Bolivia
- Banco Asiático de Desarrollo. (1988). Guías Ambientales para la Selección de Proyectos de Infraestructura. Manila
- Canter, W. (1999). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Ed. Mc Graw Hill. Colombia
- Cooperativa Minera La Salvadora. (2005). Estados financieros y Memoria Anual. Oruro - Bolivia

- Federación de Cooperativas Mineras Oruro. (2005). Memoria Anual. Oruro - Bolivia
- Gobierno Municipal Autónomo de Huanuni. (2005), Plan de Desarrollo Municipal. Oruro – Bolivia
- Leopold, B., (2003), Procedimiento para la Evaluación de Impactos Ambientales. Circular 645. US. Washington. DC
- Ministerio de Minería y Metalurgia, (2005), Informe Anual de Actividades Mineras. La Paz Bolivia
- Ley del medio Ambiente No 1333 de 27 de abril de 1992. La Paz Bolivia
- Pobeda, I. (1987), Diccionario Enciclopédico, Ed. Castell, España
- Torres, C. (2004). Metodología de la Investigación Científica. Editorial San Marcos, Lima Perú